Provincia di Bergamo
Assessorato Urbanistica e Agricoltura

LE MACCHINE PER LA DISTRIBUZIONE DEI PRODOTTI FITOSANITARI SULLE COLTURE AGRARIE

Coordinamento editoriale:
Giuseppe Epinati - Dirigente del Settore Urbanistica e Agricoltura

Coordinamento tecnico:
Stefania Silvestri

Autori dei testi:
Matteo Guerretti
Davide Facchinetti

Foto:
Matteo Guerretti
Davide Facchinetti

Un particolare ringraziamento ai tecnici del Settore Urbanistica e Agricoltura:
Carla Ravasio, Federica Crespi, Diego Compagnoni, Stefano Sini e Liliana Forlani

Progetto grafico e Stampa:
Stamperia Editrice Commerciale s.r.l. - Bergamo

Stampato: **Dicembre 2010**

Realizzato con il contributo del:

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
PSR 2007-2013 Direzione Generale Agricoltura

Presentazione

La qualità delle produzioni agricole rappresenta da sempre, ma soprattutto negli ultimi tempi, l'obiettivo principale dell'azione dell'imprenditore agricolo, sia per la pressante richiesta del mercato di garantire il più elevato standard qualitativo delle derrate alimentari, a cui il consumatore attribuisce sempre maggior valore, sia per l'impatto ambientale derivante dall'utilizzo dei prodotti chimici di difesa delle coltivazioni.

Se a questo obiettivo si aggiunge la necessità di garantire la sicurezza del lavoro per gli operatori agricoli, si comprende l'importanza strategica per l'azienda agricola di conoscere le caratteristiche tecniche delle macchine distributrici di prodotti chimici in agricoltura, attuando gli accorgimenti necessari per ottenere il buon funzionamento delle stesse.

Il Settore Agricoltura della Provincia di Bergamo, nell'ambito delle iniziative di informazione e divulgazione, è impegnato nella organizzazione dei corsi di formazione e relativi sessione di esami finalizzati al rilascio del cosiddetto "patentino" di utilizzo dei fitofarmaci.

In quest'ambito va considerata la presente pubblicazione che ha il compito di illustrare i componenti di cui sono costituite le macchine e le loro relative caratteristiche tecnico-funzionali, affinché il lettore possa avere una panoramica generale. Va ricordato che non esiste la macchina "migliore", ma esiste l'irroratrice con le caratteristiche che più si adattano alle necessità di ogni singola azienda. Solo conoscendo il funzionamento e le caratteristiche delle macchine irroratrici sarà possibile scegliere oculatamente la macchina più adatta.

Enrico Piccinelli
Assessore Urbanistica e Agricoltura

Ettore Pirovano
Presidente della Provincia di Bergamo

Premessa

Nonostante un effettivo miglioramento dell'efficienza produttiva ottenuto negli ultimi decenni, ancora oggi circa il 25% della produzione agricola mondiale viene persa a seguito di attacchi parassitari che si rivelano spesso incontrollabili anche nel post-raccolta.

Nel campo della difesa colturale, i continui progressi della ricerca chimica e fitoiatrica hanno portato all'introduzione di agrofarmaci sempre più efficienti, capaci di contrastare in maniera mirata specifici parassiti o erbe infestanti; tutto ciò però non ha potuto impedire un uso spesso poco attento da parte degli operatori agricoli, causa di danni all'ambiente e di un ingiustificato accumulo di residui chimici nei prodotti alimentari.

L'importanza delle macchine per la distribuzione di prodotti fitosanitari è spesso sottovalutata sia nella valutazione dell'impatto ambientale dovuta al loro utilizzo che nella gestione ottimale di un'agricoltura intensiva spesso privilegiando, all'atto dell'acquisto, il fattore prezzo piuttosto che altre caratteristiche di tipo tecnico-operativo, che potrebbero ovviare molte delle problematiche accennate.

E' inoltre doveroso ricordare che gli operatori agricoli che effettuano i trattamenti sono fortemente esposti all'azione tossica dei prodotti fitosanitari e spesso purtroppo sottovalutano il pericolo di contaminazione sia durante i trattamenti che durante la fase di preparazione delle miscele, non attuando le necessarie precauzioni operative.

E' importante sapere che solo conoscendo adeguatamente il funzionamento e le caratteristiche delle macchine irroratrici sarà possibile, da parte dell'operatore effettuare una scelta oculata della macchina più adatta alle sue esigenze per poi agire sulla stessa effettuando le regolazioni più opportune per massimizzarne l'efficienza nelle particolari condizioni in cui essa viene chiamata ad operare e ridurre al contempo l'impatto sull'ambiente dei trattamenti che effettua.

Innanzitutto conviene fare una prima e basilare distinzione tra le macchine impiegate per la protezione delle colture che generalmente vengono chiamate "**irroratrici**" e si possono dividere in:

- **irroratrici di pieno campo**, per colture erbacee a distribuzione solitamente orizzontale; tali macchine vengono spesso, ma impropriamente, denominate "*barre*", poiché gli organi distributori, gli *ugelli*, sono collocati lungo una barra metallica orizzontale;
- **atomizzatori**, per colture arboree che effettuano distribuzioni su singole piante o pareti vegetate verticali.

Questa classificazione risulta però essere un po' troppo semplificata rispetto alla realtà del parco macchine disponibile sul mercato che è caratterizzato da una molteplicità di modelli con caratteristiche tecniche peculiari che meglio andremo a conoscere nei capitoli successivi.

1. Componenti fondamentali delle macchine irroratici

Le componenti fondamentali delle macchine per la protezione delle colture sono, in sintesi, le seguenti:

1. telaio;
2. serbatoi;
3. pompa;
4. organi di regolazione e controllo della portata;
5. tubi di connessione, rubinetterie e sistemi di filtrazione;
6. strumenti di misura, di controllo della pressione e della portata;
7. organi di erogazione e/o frantumazione della miscela.

1.1 Telaio

È costituito da profilati metallici in acciaio e garantisce il supporto per tutti i componenti fondamentali della macchina; è opportuno che il telaio sia trattato con procedimenti anticorrosione, a causa dell'aggressività dei prodotti fitosanitari.

Generalmente nella sua parte anteriore porta un occhione per il collegamento delle attrezzature trainate al gancio del trattore, oppure i classici attacchi per il collegamento all'attacco a tre punti della trattrice nel caso delle attrezzature portate.

Solo sulle macchine irroratrici per colture erbacee, comunemente denominate "barre irroratrici", è inoltre presente una ulteriore struttura metallica, di diverse dimensioni, chiamata **barra.** Questa normalmente è divisa in diverse sezioni, ed ospita gli organi deputati alla frantumazione della miscela per produrre le gocce (gli ugelli) e le tubazioni necessarie alla loro alimentazione. **(figura 1).**

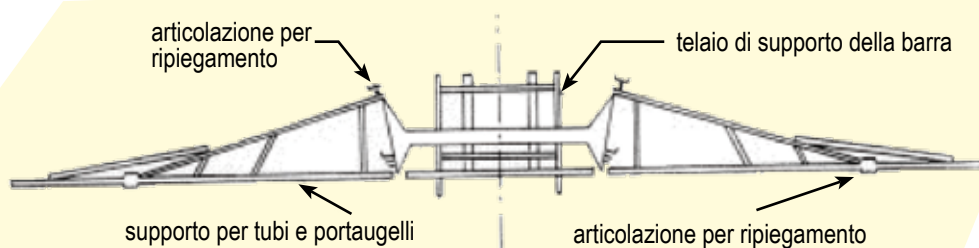



Figura 1 - Schema costruttivo di una barra irroratrice.

Nel caso delle macchine per il trattamento delle colture erbacee, la barra è, di solito, regolabile in altezza (manualmente o idraulicamente) e deve restare durante il trattamento il più possibile parallela al terreno per garantire una distribuzione longitudinale del prodotto che sia il più possibile uniforme. Nella realtà il cantiere trattore-irroratrice subisce inevitabili sobbalzi che vengono giocoforza trasmessi alla barra facendola oscillare. Queste oscillazioni hanno conseguenze direttamente proporzionali alla larghezza di lavoro e possono avvenire sia sul piano orizzontale che su quello verticale. Le prime causano irregolarità nella distribuzione longitudinale dovuta alle variazioni della velocità di avanzamento della barra rispetto al terreno e quindi dosaggi inferiori nei punti di accelerazione e superiori nei punti di rallentamento. Le oscillazioni verticali invece riducono l'uniformità di distribuzione trasversale a causa del fatto che la variazione dell'altezza degli ugelli rispetto a terra e la loro non perpendicolarità rispetto al bersaglio causa sovrapposizioni dei getti non corrette.

Alcune attrezzature di grandi dimensioni impiegano diversi meccanismi per ridurre le oscillazioni alla barra che vanno dai semplici ammortizzatori della struttura fino a specifici supporti di controllo in funzione delle diverse condizioni operative (sistemi di supporto di tipo pendolare, sistemi di stabilizzazione a controllo elettronico ecc.).

1.2 Serbatoi

Il serbatoio principale della macchina irroratrice contiene la miscela da distribuire e può assumere forme diverse, a seconda del tipo di irroratrice. È spesso costruito in vetroresina (presenta il vantaggio di poter essere riparata facilmente in caso di lesioni), o materiali plastici, quali il polietilene e il poliestere, che garantiscono una buona resistenza alla corrosione e agli urti. Più raramente è usato l'acciaio inossidabile, richiesto specificatamente solo per utilizzi con prodotti chimici molto aggressivi.

La forma del serbatoio deve essere regolare e priva di spigoli vivi, questo per facilitare le operazioni di pulizia dello stesso ed agevolare l'agitazione della miscela liquida per evitare che il principio attivo rimanga maggiormente concentrato all'interno di "sacche stagnanti" e precipiti rispetto all'acqua che lo porta in soluzione. Per evitare tale fenomeno, all'interno del serbatoio sono presenti dei sistemi di agitazione della miscela che si possono dividere in:

- *Agitatore meccanico*. Un tempo molto diffuso ora quasi in disuso. In questo sistema l'agitazione è assicurata da organi rotanti costituiti da palette o eliche che prendono il moto direttamente dalla presa di potenza della trattrice.
- *Agitatore idraulico*. Il sistema funziona grazie alla presenza della pompa che immette nel circuito della macchina una quantità di miscela in pressio-

ne superiore a quella che serve per alimentare gli ugelli. La miscela che non viene destinata agli ugelli viene reimessa in pressione nel serbatoio effettuando così la miscelazione. Attualmente questo è il sistema più diffuso.

Il serbatoio principale di una macchina irroratrice ha una capienza tipica compresa tra 10 e 25 litri nei piccoli modelli portati a spalla per passare a capacità di 150-300 litri per le macchine da collegare ai motocoltivatori. Nei modelli portati dai trattori si va mediamente dai 300 ai 1000 litri mentre per i modelli trainati le capacità vanno mediamente dai 600 ai 2.500 litri. Ancora abbastanza rari sono sul nostro territorio i modelli semoventi che hanno capacità dei serbatoi variabili tra 2.000 e 6.000.

Il serbatoio principale è generalmente dotato di un indicatore di livello per la determinazione della quantità di liquido presente; la misurazione del livello viene eseguita o con un galleggiante abbinato ad un indicatore esterno posto sopra il serbatoio o più direttamente sul serbatoio stesso, oppure per mezzo di una banda laterale traslucida munita di scala graduata.

Nelle macchine più moderne e dotate di sistemi elettronici per il controllo della portata (DPA) è solitamente previsto un sistema di controllo elettronico, con sensori a galleggiante collegati a trasduttori che rendono possibile la visualizzazione del livello della miscela su display posti al posto di guida e in collegamento con i sistemi di controllo elettronico della distribuzione.

Il serbatoio è inoltre provvisto alla sua sommità di un'imboccatura per il caricamento dell'acqua, generalmente dotata di un filtro a maglie larghe (detto "a paniere") per impedire l'ingresso di corpi estranei (foglie, sabbia grossolana, ecc.) che potrebbero danneggiare il sistema di pompaggio e gli organi deputati alla polverizzazione della vena liquida, nonchè creare occlusioni nelle tubazioni.

Alcune macchine irroratrici sono dotate di sistemi di riempimento del serbatoio principale, costituiti da un idroiniettore o da una pompa centrifuga ausiliaria autoadescante, che consentono di attingere l'acqua direttamente da corsi d'acqua superficiali; tali sistemi devono comunque evitare il reflusso dell'acqua dal serbatoio per impedire contaminazioni e devono essere dotati di ulteriori sistemi di filtrazione rispetto a quelli normalmente presenti sulla macchina.

Nelle macchine più recenti sono spesso presenti anche dei serbatoi supplementari quali ad esempio il serbatoio di premiscelazione, il cosiddetto serbatoio "lavamacchina", un ulteriore piccolo serbatoio comunemente detto "lavamani" e solamente sulle barre irroratrici il "serbatoio per il sistema tracciafile".

Serbatoio "lavamani" Su tutte le macchine irroratrici costruite dal 1996 in poi deve essere obbligatoriamente presente un serbatoio, dotato di rubinetto, contenente almeno 15 litri di acqua pulita detto "serbatoio lavamani". Questo serbatoio è utilissimo in caso di emergenza (contatto degli occhi o del viso con la miscela) e consente all'operatore di lavarsi le mani anche in campo dopo aver

effettuato un intervento sulla macchina e in ogni altro caso nel quale, per qualsiasi motivo, sia venuto a contatto con soluzione contenente il principio attivo (caso che si verifica piuttosto frequente nell'operatività normale).

Serbatoio lavamacchina Si tratta in questo caso di un serbatoio contenente acqua pulita avente una capacità di almeno il 10% del serbatoio principale. Questo permette, alla fine del trattamento e direttamente in campo, di immettere nel serbatoio principale l'acqua pulita presente all'interno del serbatoio lavamacchina, effettuare un lavaggio abbastanza approfondito del serbatoio e poi distribuire sulla stessa coltura oggetto del trattamento appena terminato la miscela risultante dal lavaggio. Questo procedimento permette di diminuire drasticamente le problematiche relative allo smaltimento di eventuali residui di miscela non distribuiti, e di mantenere in un migliore stato di efficienza le macchine irroratrici, grazie alla maggior frequenza di effettuazione dei risciacqui.

Figura 2 - Tipica localizzazione dei serbatoi lavamani e lavamacchina su di una moderna barra irroratrice.

Serbatoio di premiscelazione Una terza tipologia di serbatoio che spesso viene offerta dai costruttori di macchine irroratrici come allestimento opzionale è il "serbatoio di premiscelazione". Esso è in grado di diminuire notevolmente la possibilità di contaminazione dell'operatore con principi attivi in forma concentrata durante la fase di preparazione della miscela perché semplifica e velocizza questa operazione. Se al serbatoio di premiscelazione viene abbinato un idroeiettore nella parte sommitale è possibile anche effettuare una rapida ed efficace pulizia dei contenitori di agrofarmaci semplificandone il successivo smaltimento. Si rammenta che per effettuare un ottimo lavaggio del contenitore questo deve essere risciacquato almeno tre volte e l'acqua proveniente da tale operazione deve essere immessa nel serbatoio principale.

Per evitare contaminazioni successive alla fase di riempimento è bene porre attenzione affinché durante l'effettuazione del rifornimento di acqua il tubo di riempimento che porta l'acqua al serbatoio non venga mai a contatto con il liquido posto all'interno della cisterna. Si consiglia di immettere nella cisterna solamente la quantità di acqua e di formulato necessaria per effettuare il tratta-

mento, lasciando inutilizzato un volume di circa il 10-20% della capacità del serbatoio per evitare sversamenti accidentali in presenza di buche o avvallamenti.

Figura 3 - Serbatoio di premiscelazione.

Per consentire un'elevata durata ai serbatoi è necessario che la macchina sia posta a riposo in luogo innanzitutto riparato dal sole (i raggi u.v.a. contribuiscono ad invecchiarlo precocemente) e, se possibile, poco soggetto al verificarsi di gelate o cospicui sbalzi di temperatura.

Serbatoio del sistema tracciafile In questo serbatoio viene contenuto il liquido del sistema tracciafile o, più comunemente detto, dello schiumogeno. Il sistema deposita a terra degli agglomerati di schiuma biodegradabile in corrispondenza dell'estremità della barra e indica quindi chiaramente al conducente, all'effettuazione della svolta a fine campo, quale sia la porzione di terreno già trattata, al fine di evitare inutili e deleterie sovrapposizioni di trattamento.

1.3 Pompe

La pompa ha la funzione di mettere in pressione il liquido nel circuito idraulico per garantire una pressione e una portata adeguate ad ottenere la polverizzazione della miscela (fase di creazione delle gocce).

Nella maggior parte dei casi viene azionata dalla presa di potenza (p.d.p.) del trattore mentre, nel caso di macchine con distribuzione proporzionale alla velocità di avanzamento a controllo meccanico può essere azionata, tramite ingranaggi e/o giunti cardanici, dal movimento di una delle ruote dell'irroratrice. Nel caso di macchine che utilizzano pompe centrifughe (si tratta per lo più di macchine a polverizzazione pneumatica per trattamenti su colture arboree, che nella denominazione comune sono spesso conosciute con il termine improprio di "nebulizzatori" oppure di "atomizzatori a basso volume") il moto alla pompa può anche essere fornito dal circuito idraulico del trattore tramite gli attacchi idraulici.

In rari casi può essere presente una pompa ad azionamento elettrico, si tratta per lo più di piccole macchine accoppiate a seminatrici che utilizzano un numero limitato di ugelli a bassa portata e che quindi necessitano di basse portate.

La pompa, oltre a garantire una pressione e una portata sufficiente ad alimentare gli ugelli, deve sempre fornire un cospicuo surplus di portata (chiamato anche ricircolo), che viene continuamente reimmesso nel serbatoio per garantire che sia mantenuta una corretta miscelazione alla soluzione.

La quantità minima che deve rientrare nel serbatoio espressa in litri/minuto è pari ad almeno il 10% della capacità del serbatoio principale: per esempio su un'irroratrice dotata di un serbatoio da 1.000 litri sarà necessario un ricircolo di almeno 100 litri al minuto. La pompa dovrà quindi essere dimensionata tenendo conto della portata richiesta dagli ugelli installati o installabili, a cui va sommata la quantità di ricircolo necessario per miscelare la soluzione nel serbatoio. Le due richieste devono poter essere soddisfatte contemporaneamente per garantire la massima efficienza distributiva della macchina.

Per poter valutare se il surplus fornito dalla pompa è sufficiente a miscelare la soluzione presente nel serbatoio è necessario conoscere i seguenti parametri: portata degli ugelli durante il trattamento (l/min), misurabile con una caraffa graduata e con un cronometro, la portata massima della pompa (l/min) a 540 giri/min della presa di potenza (p.d.p) della trattrice, che si trova normalmente scritta su un adesivo o su una targhetta applicata alla pompa stessa, ed in fine il regime di rotazione della p.d.p del trattore normalmente desumibile dalla strumentazione di controllo presente sulla trattrice stessa.

Come prima cosa si somma la portata dei singoli ugelli durante l'irrorazione ottenendo così la quantità di miscela in l/min che la pompa deve fornire per poter alimentare tutti gli ugelli. A questa portata si aggiunge il ricircolo o surpulus necessario alla miscelazione (almeno il 10% del volume del serbatoio) e si ottiene la portata che la pompa dovrebbe erogare nella situazione ideale. A questo punto conoscendo il regime di rotazione della p.d.p e la portata massima della pompa a 540 giri/min della p.d.p con una semplice proporzione si ottiene la portata effettiva della pompa durante l'irrorazione della macchina. Confrontando la portata effettiva della pompa con quella ideale si intuisce se la pompa è in grado di soddisfare entrambe le esigenze: alimentare gli ugelli e il sistema di ricircolo.

Se la pompa non è in grado di soddisfare entrambe le esigenze il rischio è molto elevato: distribuire una soluzione avente concentrazioni di principio attivo differenti tra l'inizio e la fine del trattamento con conseguenze disastrose sull'efficienza del trattamento stesso.

Le tipologie di pompe più diffuse sono le *centrifughe e le volumetriche*.

Pompa centrifuga È caratterizzata da portate elevate (fino a 900 litri/min), ma da pressioni di esercizio relativamente basse (quelle impiegate sulle macchine irroratrici raggiungono normalmente pressioni massime di 3-4 bar). Si tratta di una macchina molto semplice che mette in pressione il fluido mediante la rotazione di una girante dotata di palette.

La pompa di tipo centrifugo **(figura 4)** richiede minore manutenzione ed è solitamente impiegata su macchine a bassa pressione per la distribuzione di bassi volumi, oppure per operazioni di agitazione della miscela all'interno di serbatoio di

elevate dimensioni. In alcuni casi è presente sulla macchina irroratrice come pompa ausiliaria utilizzata per il riempimento del serbatoio principale direttamente dai corsi d'acqua, (in questo caso deve essere di tipo autoadescante). Nell'utilizzo di questa pompa è necessario porre attenzione affinché esse non girino mai a vuoto (in assenza di liquido), qualora si verificasse questa evenienza il rischio di una precoce bruciatura degli anelli di tenuta, a causa del riscaldamento, diviene altissimo.

Figura 4 - Pompa centrifuga azionata da puleggia e cinghia.

Una caratteristica negativa che caratterizza tale tipologia di pompa è la riduzione della portata in proporzione all'utilizzo; su pompe centrifughe con molti anni di esercizio la portata massima può risultare ridotta anche del 25%, con conseguenze estremamente negative soprattutto sulla capacità di garantire un adeguato ricircolo; per ovviare a ciò i costruttori normalmente provvedono già fase di progettazione ad un congruo sovradimensionamento.

Pompe volumetriche Mettono in pressione il liquido grazie al moto rettilineo e alternativo di uno o più pistoni azionati per mezzo di un eccentrico e di una biella.

Sono dotate di valvole di aspirazione e mandata e vengono impiegate sulle macchine che utilizzano dei sistemi di formazione della goccia di tipo meccanico (polverizzazione meccanica della vena liquida), dove è sovente necessario raggiungere pressioni elevate per ottenere un buon livello di polverizzazione, ovvero per riuscire ad ottenere delle dimensioni della goccia medio piccole.

Questa tipologia di pompe può raggiungere pressioni anche molto elevate, mentre la loro portata varia in funzione della cilindrata (volume della camera di compressione in cui lavora il cilindro) nonché del numero dei cilindri e del regime di rotazione.

Le pompe volumetriche si posso dividere a loro volta in pompe **a pistoni** (meno diffuse) e **pistoni-membrana;** queste ultime rappresentano senza dubbio la tipologia di pompe più diffuse sulle macchine irroratrici.

La pompa a pistoni-membrana si differenzia dal sistema a pistoni per la presenza di una membrana collocata sulla testa del pistone, che lo isola dal liquido da distribuire.

Questa membrana, realizzata in gomma, sovente non è sufficientemente resistente agli agenti chimici contenuti nei fitofarmaci, tanto che recentemente sono state introdotte a questo scopo membrane realizzate in polimeri speciali (come

ad esempio il Viton) capaci di garantire una maggiore affidabilità e durata, specie in presenza di prodotti particolarmente aggressivi.

La membrana risente inoltre in maniera piuttosto marcata delle esposizioni al gelo, specie in presenza di acqua, e tra tutte le componenti della pompa è certamente quella che necessita di essere controllata e sostituita con maggiore frequenza.

Il pistone ha una corsa generalmente limitata (circa 10 mm), mentre presenta un grande alesaggio; in pratica, le variazioni di volume della camera di compressione sono dovute al movimento della membrana comandata dal pistone stesso e quindi il pistone non aspira e pompa liquido, ma solamente l'aria contenuta tra la membrana ed il pistone stesso.

Nel caso delle pompe a pistoni le parti che possono venire in contatto con i prodotti chimici da distribuire sono generalmente realizzate con materiali resistenti alla corrosione (quali acciaio inox o ceramica).

Le pompe volumetriche sono caratterizzate da una tipica azione pulsante, dovuta all'alternarsi delle fasi di aspirazione e compressione dei pistoni nel o nei cilindri.

Le conseguenti variazioni di pressione possono causare delle elevate variazioni cicliche nella portata degli ugelli: che vengono smorzate o comunque ridotte inserendo nel circuito idraulico degli **ammortizzatori idropneumatici** (chiamati anche "polmoni", **figura 5**), costituiti da una camera d'aria separata dal circuito idraulico per mezzo di una membrana elastica.

Il compensatore idropneumatico ha l'importante funzione di stabilizzare, o comunque di ridurre, le fluttuazioni della pressione all'interno del circuito idraulico della macchina irroratrice, per evitare variazioni cicliche della portata. Queste differenze si tradurrebbero inevitabilmente in cambiamenti dell'apertura dell'angolo di spruzzo degli ugelli (soprattutto in caso di ugelli con getto a

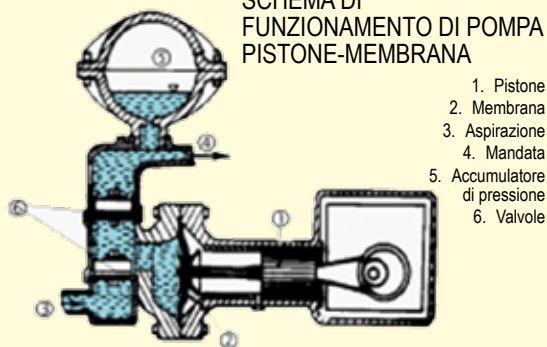



Figura 5 - Pompa a pistoni-membrana con compensatore idropneumatico e relativo schema funzionale.

ventaglio), con effetti deleteri sulla corretta sovrapposizione dei getti e in definitiva sull'uniformità di distribuzione orizzontale.

Per un buon funzionamento dell'ammortizzatore idropneumatico, **la pressione all'interno della camera d'aria deve essere mantenuta a circa l'80%** di quella tipica di esercizio: è quindi opportuno controllarla frequentemente e regolarla in funzione delle condizioni operative. Tale operazione è agevolmente eseguibile con un compressore e un comune manometro, poiché gli ammortizzatori in questione sono dotati di una valvola di gonfiaggio del tipo comunemente montato sui pneumatici degli autoveicoli.

Per garantire un'elevata vita alle pompe è necessario innanzitutto risciacquarle al termine di ogni trattamento con acqua pulita, affinché non rimangano a contatto con i principi attivi, e controllare frequentemente il livello dell'olio (ogni 20-30 ore di utilizzo) ponendo attenzione al suo colore. Un colore chiaro e una sua opacizzazione sono segno di lesioni a qualche membrana, in questo caso occorre arrestare la pompa e sostituire immediatamente le membrane danneggiate onde scongiurare conseguenze peggiori.

È buona norma non utilizzare mai la pompa ad una velocità di rotazione superiore al limite massimo indicato sulla targhetta (solitamente 540 giri/min). Per il ricovero invernale, se l'irroratrice viene posta in locali ove la temperatura scende sotto lo zero, per evitare danni da congelamento si consiglia di:

- immettere una soluzione di acqua e liquido anticongelante nella cisterna;
- mettere in funzione la pompa per alcuni secondi affinché la soluzione venga distribuita a tutti i componenti della macchina (filtri, pompa, raccordi, antigoccia ecc.).

TIPO DI POMPE	VANTAGGI	SVANTAGGI
Pistoni	• Portata proporzionale al numero di giri della p.d.p.; • Possono raggiungere elevate pressioni.	• Sono piuttosto delicate a causa del fatto che il liquido entra a contatto con pistoni e cilindri.
Pistoni e membrana	• Portata proporzionale al numero di giri della p.d.p.; • Possono raggiungere pressioni medie; • Maggiore resistenza all'usura a causa del fatto che il liquido non entra in contatto con pistoni e cilindri	• Necessità di frequente manutenzione, specie alle membrane.
Centrifughe	• Capacità di raggiungere elevate portate; • Scarsa necessità di manutenzione; • Elevata efficienza anche a basse portate.	• Non raggiungono pressioni elevate

Tabella 1 - Principali vantaggi e svantaggi delle diverse tipologie di pompe adottate su macchine per la distribuzione di agro farmaci.

1.4 Organi di regolazione e controllo della portata

La regolazione della portata può essere effettuata in diversi modi:

- **a pressione costante (PC);**
- **a pressione variabile e Distribuzione Costante (DC), come i DPM** (a **D**istribuzione **P**roporzionale al regime **M**otore **e i DPA** Distribuzione Proporzionale all'Avanzamento
- **altri sistemi (CPA). Concentrazione Proporzionale all'Avanzamento**

1.4.1 Sistemi a pressione costante

Questi sistemi non prevedono una variazione della pressione di esercizio, e conseguentemente della portata della barra, in funzione delle variazioni della velocità di avanzamento. Affinché la distribuzione risulti regolare, la velocità di avanzamento dovrà quindi essere assolutamente uniforme.

Nei dispositivi a **P**ressione **C**ostante (**PC**) la pressione di esercizio viene mantenuta costante indipendentemente da eventuali variazioni di portata della pompa. Il volume distribuito per unità di superficie risulta pertanto costante solo ed esclusivamente se la velocità di avanzamento è altrettanto costante: c'è quindi un forte rischio di sovra o sotto dosaggio in condizioni limite di distribuzione, quali un sensibile slittamento nell'avanzamento della motrice, la marcia in pendenza, ma ancora di più in discesa, e/o su terreni con superficie molto irregolare.

Nei dispositivi **PC (figura 6)** la pressione viene mantenuta costante grazie ad una **valvola a molla**, che regola l'entità del flusso agli ugelli e di ritorno al serbatoio.

Figura 6 - Dispositivo a Pressione Costante (PC), dotato di valvola a molla.

L'otturatore della valvola si apre fino a raggiungere l'equilibrio fra la forza elastica della molla e quella sviluppata dal flusso della miscela; in caso di chiusura di una o più sezioni di barra, e di conseguenza di chiusura dell'irrorazione dei relativi ugelli, si instaura un aumento di pressione che non può essere compensato in alcun modo e crea una variazione della portata sulle sezioni che rimangono aperte.

1.4.2 Sistemi a pressione variabile

Questi sistemi prevedono una variazione della pressione di esercizio, e conseguentemente della portata della barra, in funzione di variazioni della velocità di avanzamento.

I sistemi DPM (a **D**istribuzione **P**roporzionale al regime **M**otore, **figura 7**) sono costituiti da:

- una valvola generale con valvola di massima pressione;
- una valvola regolatrice proporzionale, detta a "fetta di salame";
- un gruppo di valvole di sezione, ad azionamento meccanico o elettrico, con ritorni calibrati.

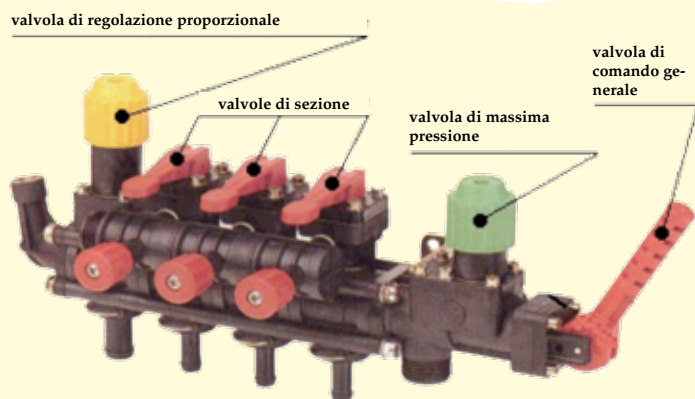



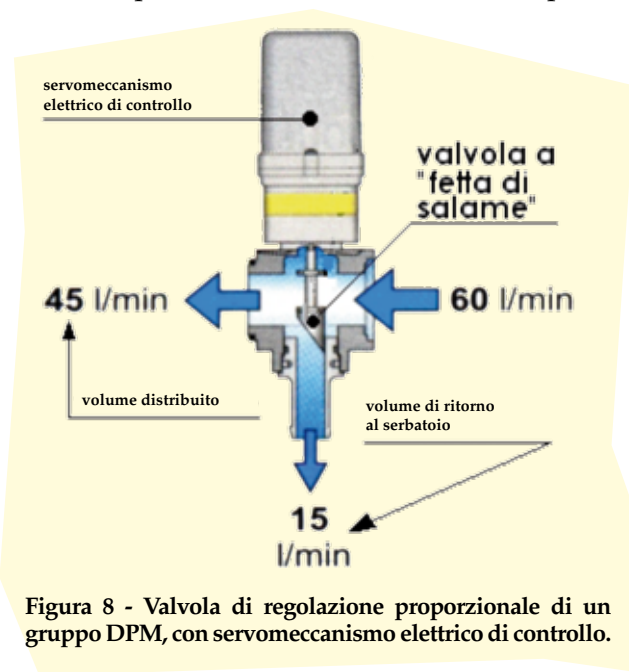
Figura 7 - Gruppo di regolazione della portata a Distribuzione Proporzionale al regime Motore (DPM).

In questo sistema rimane costante il rapporto fra la quantità di liquido inviata agli ugelli e quella di ritorno al serbatoio. La pressione che viene fornita agli ugelli dipende dalla posizione della valvola proporzionale (valvola a "fetta di salame", **figura 8**) la quale può anche essere collegata rigidamente (ovvero senza la molla sempre presente nei dispositivi PC) al pomello di regolazione (o all'elettrovalvola per i sistemi ad attuazione elettromeccanica), Essa manterrà fissa la sua posizione indipendentemente da variazioni di pressione; la portata verrà quindi ripartita fra gli ugelli e il ritorno al serbatoio, in base alla posizione della valvola proporzionale stessa.

In questo sistema di regolazione la portata agli ugelli risulta commisurata alla portata della pompa e, conseguentemente, alla velocità di avanzamento, una volta stabilito l'uso di una determinata marcia sul trattore accoppiato all'irroratrice con un relativo regime motore. I dispositivi DPM devono essere accoppiati a pompe di tipo volumetrico, che garantiscono una portata assolutamente proporzionale al regime di rotazione del motore e quindi della presa di potenza. Il sistema descritto consente di **mantenere costante il volume distribuito per unità di superficie con piccole variazioni della velocità di avanzamento** (generalmente consente di mantenere costante la distribuzione anche aumentando o diminuendo del 20% la velocità di avanzamento rispetto a quella definita in sede di taratura) e/o del regime motore, sempre per una certa marcia inserita.

Nei gruppi di distribuzione DPM sono inoltre presenti i “ritorni calibrati”, si tratta di by-pass regolabili mediante un pomello che fanno si che alla chiusura di una o più sezioni della barra, e quindi dei relativi ugelli, sia possibile rinviare nel serbatoio la medesima quantità di liquido che la sezione interessata erogava prima della chiusura della medesima. Questo permette di mantenere stabile la pressione di esercizio verso le altre sezioni che rimangono aperte, evitando indesiderate sovrappressioni e quindi cambiamenti di portate, che si verificano normalmente ad ogni sezionamento effettuato con i più semplici gruppi PC.

Figura 8 - Valvola di regolazione proporzionale di un gruppo DPM, con servomeccanismo elettrico di controllo.

Nei dispositivi DPA (Distribuzione Proporzionale all’Avanzamento) con sistema di controllo esclusivamente meccanico la pompa è collegata direttamente con una delle ruote di appoggio dell’irroratrice e deriva il suo moto dalla stessa. La portata della pompa, e quindi degli ugelli sulla barra, viene regolata agendo sul rapporto di trasmissione tra la pompa stessa e una delle ruote: la portata varia proporzionalmente al numero di giri delle ruote e quindi alla velocità della trattrice. Il collegamento fra pompa e ruota non è mai diretto e viene attuato tramite una serie di ingranaggi che permettono di variare il rapporto e quindi poter regolare la quantità di liquido che si intende distribuire.

Con questo meccanismo il rapporto fra la portata agli ugelli e la velocità di avanzamento della macchina rimane costante e il sistema di distribuzione è in grado di regolare la portata in funzione della velocità di avanzamento e quindi di mantenere costante il volume distribuito per unità di superficie.

Si può fornire un corretto dosaggio della miscela distribuita anche in presenza di forte slittamento delle ruote motrici del trattore; ovviamente, le ruote dell’irroratrice non devono invece slittare. Ciò è facile con il serbatoio pieno, mentre non è scontato con serbatoio pressoché vuoto e in condizioni di scarsa aderenza (terreno bagnato). È quindi in ogni caso opportuno evitare di effettuare dei trattamenti fitosanitari in condizioni di aderenza e/o meteorologiche difficili. Con questo sistema di regolazione la macchina irroratrice dovrà quindi necessariamente essere trainata o semovente o se portata, dotata di un ruotino di appoggio alle ruote del trattore.

In alternativa, come sempre più spesso avviene, è possibile utilizzare dei sistemi di controllo DPA elettronico **(figura 9)**, dove la pompa è collegata direttamente alla presa di potenza della trattrice e una centralina elettronica controlla la pressione di erogazione agli ugelli avvalendosi di sensori e dispositivi per la rilevazione della velocità di avanzamento, quali ad esempio magnetini posti sulla ruota del trattore e sensori di prossimità per rilevarne il passaggio, sistemi ottici, radar o GPS.

Figura 9 - Centralina elettronica DPA per irroratrici.

1.4.3 Altri sistemi

Il sistema **CPA (a Concentrazione Proporzionale all'Avanzamento)** è caratterizzato da un circuito dell'acqua generalmente a pressione costante mentre il prelievo del formulato, che di solito avviene direttamente dai contenitori originali, è proporzionale all'avanzamento. È una soluzione costruttiva introdotta recentemente, resa operativamente praticabile grazie all'uso di pompe dosatrici di precisione, in grado di trattare quantitativi minimi.

La miscelazione avviene istante per istante in un miscelatore a monte degli ugelli: il prodotto passa direttamente dal fusto alla pompa dosatrice e richiede pertanto solo acqua pulita nel serbatoio **(figura 10)**.

I vantaggi sono:

- Alla fine del trattamento, il prodotto avanzato può essere facilmente recuperato e stoccato, in attesa di un'utilizzazione successiva.
- Il serbatoio non è soggetto a corrosione perché contiene solamente acqua.
- La quantità di agrofarmaco distribuito per unità di superficie rimane costante al variare della velocità di avanzamento
- Riduzione dei rischi di contatto dell'operatore con il prodotto chimico, poiché non sono più necessari travasi e misurazioni per determinare l'esatta quantità di principio attivo da introdurre nel serbatoio.
- Riduzione dei tempi accessori di preparazione e omogeneizzazione della miscela, con un aumento della capacità di lavoro della macchina.
- Possibilità di variare durante la distribuzione la concentrazione del formulato commerciale nell'acqua di diluizione, in funzione del livello di infestazione presente. Tale regolazione è possibile anche con l'ausilio dell'optoelettronica che si avvale di sensori ottici per determinare il grado di infestanti presenti sul terreno.
- È possibile anche la distribuzione simultanea di più prodotti chimici (3-4) in formulazione liquida.

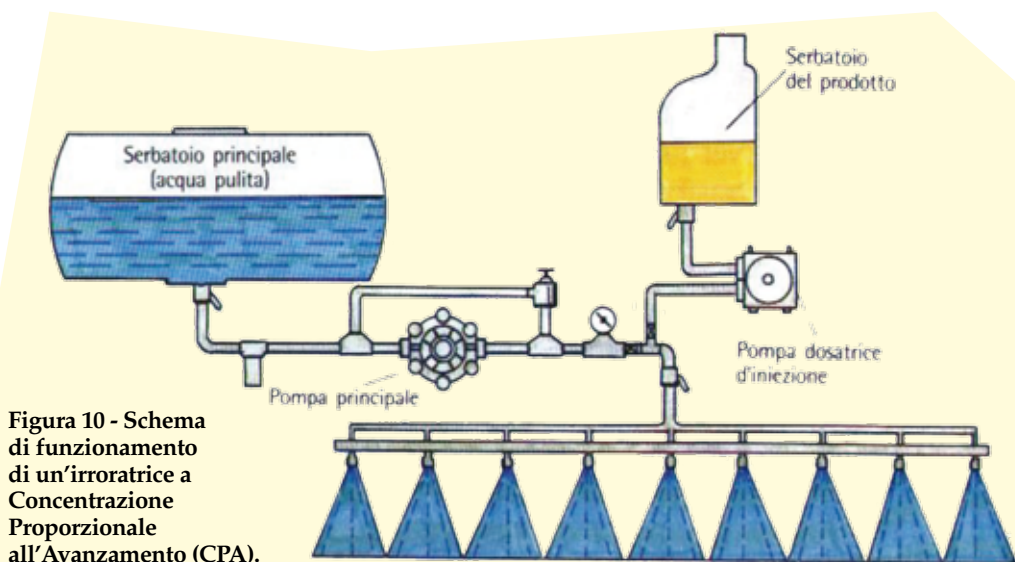
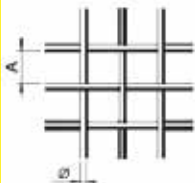



Figura 10 - Schema di funzionamento di un'irroratrice a Concentrazione Proporzionale all'Avanzamento (CPA).

Attualmente però i contenitori dei principi attivi disponibili sul mercato italiano hanno una capacità limitata (1-5 litri) e non permettono pertanto un'autonomia sufficiente alle macchine che non abbiano appositi serbatoi per il contenimento dei principi attivi concentrati. Negli Stati Uniti sono già in commercio contenitori standardizzati e riciclabili da 30 litri, con attacchi rapidi per la connessione veloce e diretta al sistema di iniezione. Tale sistema, non si è molto diffuso sul nostro mercato per due motivi: il primo è l'elevato costo delle attrezzature e il secondo nella loro capacità di adattarsi solamente ai formulati commerciali in forma liquida, notoriamente più costosi di quelli in polvere.

1.5 Sistemi di filtrazione

Assicurano l'eliminazione di particelle solide di differenti dimensioni o altri corpi estranei che possono danneggiare la pompa o causare intasamenti ed usura agli ugelli.

I filtri sono realizzati con reti di nylon o metalliche, montate su telaio di materiale plastico o in acciaio inox. Caratteristica fondamentale dei filtri è la dimensione delle maglie, che deve variare a seconda della funzione e del tipo di ugelli impiegati.

La fittezza delle maglie viene definita secondo una tipica unità di misura, denominata "**mesh**", che identifica il numero di fili per pollice (1 pollice = 25,4 mm). La fittezza della maglia e il diametro del filo definiscono il valore di mesh che, in definitiva, è rappresentativo del potere filtrante; le maglie dei filtri possono essere costituite da materiali diversi, quali l'acciaio inox e materiali plastici (poliammide e polipropilene).

Per facilitare la scelta del filtro più adatto, le relative cartucce sono spesso marcate con differenti colori, che identificano il valore di mesh corrispondente, e quindi il potere filtrante **(figura 11)**.

C	MESH	A (micron)	Ø (micron)	S (%)	M
	16	980	490	44.4	Polypropylene
	16	1320	220	73.3	Inox
	32	500	320	37.1	Polypropylene
	32	594	200	55.3	Inox
	50	365	140	50.8	Inox
	80	229	80	55.7	Inox
	100	173	80	46.4	Inox
	120	134	70	43	Poliammide
	120	144	70	45.4	Inox
	150	96	65	35	Poliammide
	150	114	60	42.4	Inox
	200	80	50	37	Poliammide
	200	76	50	36.2	Inox

C = colore
MESH = numero di fili per pollice (25,4 mm)
A = apertura utile di passaggio
Ø = diametro del filo
S = rapporto percentuale tra la superficie delle aperture e la superficie totale della rete
M = materiale

C = colour
MESH = number of wires for inch (25.4 mm)
A = mesh opening
Ø = wire diameter
S = percentage ratio between mesh opening surface and mesh total surface
M = material

C = color
MESH = número de hilos por pulgada (25,4 mm)
A = abertura útil de pasaje
Ø = diámetro del hilo
S = relación de porcentaje entre la superficie de las aberturas y la superficie total de la red
M = material

Figura 11 - La fittezza della maglia e il diametro del filo definiscono il valore di mesh che, in definitiva, è rappresentativo del potere filtrante.

Normalmente il primo filtro che si trova sulla macchina è all'imboccatura del serbatoio ed è chiamato filtro "a paniere" **(figura 12)**, e serve a trattenere eventuali impurità grossolane nella fase di riempimento.

Figura 12 - Filtro a paniere per l'immissione del liquido nel serbatoio (in basso a destra) con i coperchi complementari.

Un secondo filtro (detto "filtro di aspirazione") è normalmente presente sul tubo di aspirazione che porta il liquido dal serbatoio alla pompa **(figura 13)** con il compito di impedire il passaggio di particelle che potrebbero danneggiare la pompa; la dimensione delle sue maglie è tipicamente compresa tra 0,3 e 2 mm. Data la probabilità che in prossimità del filtro principale si verifichino intasamenti (talvolta causati da scarsa compatibilità tra più prodotti utilizzati contemporaneamente), è necessario poter effettuare la pulizia del filtro di aspirazione anche a serbatoio pieno. Per questo motivo, su tutte le macchine irroratrici recenti sono

presenti dei filtri di aspirazione dotati di una valvola automatica di bloccaggio del liquido oppure di un rubinetto o di una valvola a più vie, posti immediatamente prima dello stesso.

Figura 13 - Vari filtri posti sul circuito di aspirazione della miscela dal serbatoio e loro contenitori in materiale plastico.

È consigliabile che altri filtri (detti "filtri di mandata" oppure anche "filtri in pressione") siano installati sul circuito di mandata tra la pompa e gli ugelli, oppure (soluzione meno consigliata) in prossimità degli ugelli **(figura 14)**: in questo caso la dimensione delle maglie deve essere scelta in relazione alla grandezza dei fori di uscita degli ugelli (sempre inferiore), e comunque in relazione a quella del filtro a monte nel circuito.

La presenza di ulteriori filtri, oltre a quello di aspirazione, si rende necessaria su macchine ove si intendano installare degli ugelli aventi un calibro molto ridotto. In linea di massima, i filtri in prossimità degli ugelli non devono sostituire i filtri installati sul circuito di mandata, ma essere eventualmente di supporto; inoltre l'utilizzo di questi filtri comporta degli svantaggi in termini di tempo necessario per la pulizia (smontaggio, pulizia, e rimontaggio dei filtri posti su ogni ugello) che deve essere effettuata frequentemente su tutti i filtri, rispetto all'installazione di più comode cartucce filtro poste direttamente sulle tubazioni.

Figura 14 - Filtro di protezione per ugelli, con maglie in acciaio inox.

1.6 Dispositivi antigoccia

Evitano la percolazione di liquido dagli ugelli dopo che l'alimentazione agli stessi è stata interrotta. Il loro funzionamento avviene di solito ad opera di un semplice dispositivo meccanico, ma ne esistono anche tipologie meno diffuse in cui l'antigoccia funziona per aspirazione ed è quindi di tipo pneumatico; la velocità di intervento di questi sistemi è però ridotta rispetto ai più semplici dispositivi meccanici.

Gli antigoccia meccanici, indubbiamente i più diffusi, sono essenzialmente costituiti da una molla tarata in grado di chiudere il condotto che trasporta il liquido verso l'ugello quando la pressione di esercizio scende sotto determinati valori (normalmente 0,4 - 0,5 bar). Posso essere suddivisi a seconda del sistema di chiusura del tubo adduttore in **a valvola, a sfera o a membrana (figura 15-16)**. Nel sistema a membrana la molla non viene mai in contatto con la miscela da distribuire garantendo una maggiore durata del dispositivo.

Figura 15 - Porta ugello con antigoccia a membrana.

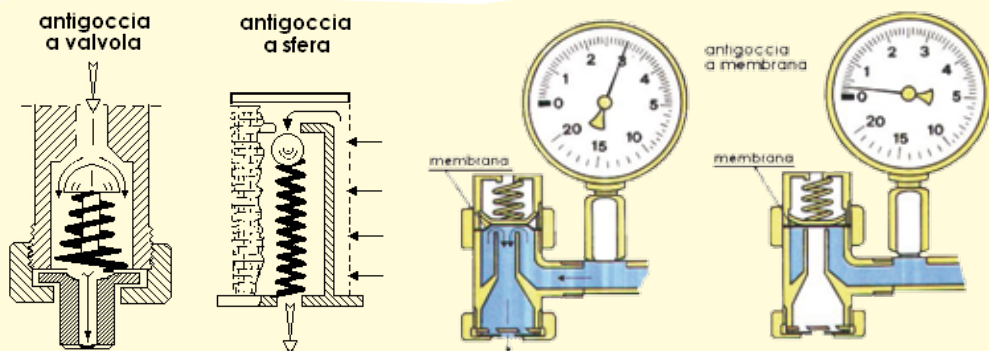



Figura 16 - Schemi di dispositivi antigoccia a valvola, a sfera e a membrana.

1.7 Strumenti di misura

Gli strumenti di misura installati sulle macchine per la protezione delle colture, **manometri, flussimetri**, **trasduttori di pressione, sensori di velocità ecc**. costituiscono gli elementi chiave per una corretta distribuzione dei prodotti fitosanitari, soprattutto al fine di consentire di mantenere corrette le quantità distribuite per unità di superficie.

Se si escludono i sistemi di controllo DPA elettronici precedentemente illustrati, il **manometro** costituisce in effetti l'unico strumento di misura sempre installato sulla macchina; esso permette all'operatore agricolo di verificare in continuo il corretto funzionamento del circuito in pressione e, di conseguenza, la portata del liquido agli organi irroranti, le quantità distribuite per unità di superficie trattata nonché il grado di polverizzazione della miscela.

1.7.1 Manometri

I manometri a molla Bourdon sono molto diffusi e rappresentano circa il 90% degli strumenti per le misure meccaniche di pressione; sono pertanto anche quelli maggiormente impiegati sulle macchine per la distribuzione dei fitofarmaci. Questo tipo di strumento, chiamato anche manometro a quadrante, consente di rilevare la pressione o per mezzo di un elemento elastico, la cui deformazione fornisce all'indicatore la pressione misurata.

Caratteristiche fondamentali di un manometro sono il liquido di riempimento, la scala di lettura ed il diametro del manometro.

Liquidi di riempimento: il problema delle vibrazioni

Se il manometro è soggetto a vibrazioni o a pulsazioni (come nel caso della maggior parte delle irroratrici con pompe a pistoni e membrana) è consigliabile scegliere uno strumento contenente del liquido (solitamente glicerina), che smorzi le oscillazioni della lancetta indicatrice, per consentire una migliore leggibilità del valore di pressione dal posto di manovra, a tutto vantaggio della corretta distribuzione del prodotto fitoiatrico.

Idoneità di scale e diametri

La scala di lettura e il fondo scala dello strumento devono essere adeguati alla pressione di esercizio normalmente impiegata. Per l'utilizzo con barre irroratrici normalmente operanti con pressioni di esercizio di 2 - 4 bar e che in rari casi arrivano a 8 - 9 bar è necessario un manometro avente un fondo scala anche di soli 10 bar e dotato di intervalli di lettura molto fitti, per esempio 0,1 bar; anche se la normativa prevede come sufficiente che gli intervalli di lettura siano di almeno 1 bar per le barre irroratrici e a 2 bar per gli atomizzatori. Con intervalli di lettura più fitti l'operatore è facilitato a cogliere immediatamente anche dei piccolissimi errori nell'impostazione della pressione voluta. È anche opportuno considerare che quasi tutte le attuali pompe a bassa pressione utilizzate sulle barre irroratrici raggiungono pressioni di esercizio di 20 bar e che eventuali errori operativi potrebbero portare la lancetta del manometro oltre il suo fondo scala, compromettendo la funzionalità dello stesso. Inoltre sovente vi è la necessità di collegare anche una lancia (che lavora a pressioni vicine ai 20 bar) alla stessa macchina irroratrice. Per questo motivo si consiglia sempre l'utilizzo di manometri aventi un valore di fondo scala superiore alla massima pressione

erogabile dalla pompa con un intervallo di lettura il più possibile fitto, per i valori intorno alle pressioni comunemente utilizzate. **(figura 17)**.

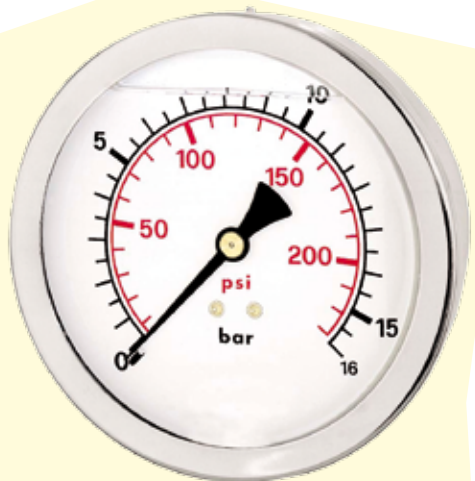



Figura 17 - Quadrante di manometro adeguato per distribuzione di fitofarmaci con le più comuni barre irroratrici.

È inoltre necessario che i manometri siano ben visibili, sia per quanto riguarda la posizione, che per quanto riguarda il diametro. Il protocollo di prova attualmente utilizzato in Lombardia per le periodiche verifiche funzionali e tarature richiede che il loro diametro sia di almeno 63 mm quando posti entro il metro dal campo visivo dell'operatore, per salire a 110 mm quando posti a distanze superiori al metro.

Onde garantire al manometro una lunga durata, è bene che questo venga smontato e posto in luogo al riparo dal gelo durante il periodo invernale.

1.7.2 Flussimetri

I flussimetri sono degli strumenti di misura che determinano istante per istante il quantitativo di liquido che li attraversa. Essi sono normalmente montati solamente sulle più sofisticate irroratrici con sistemi DPA a controllo elettronico e sono di tipo elettromagnetico. La misura della portata si basa sul principio che l'intensità di un campo magnetico prodotto dal passaggio di una corrente costante in un solenoide è soggetta ad una variazione proporzionale alla quantità di liquido che passa all'interno di un condotto calibrato. Questa variazione dà

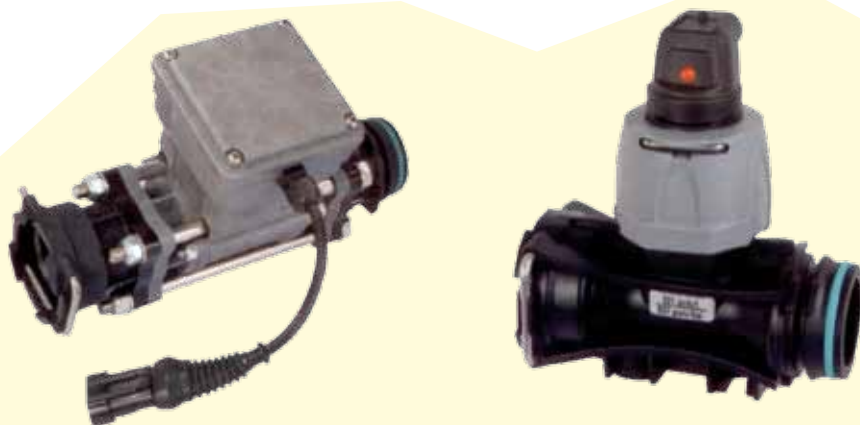



Figura 18 - Flussimetro elettromagnetico: a sinistra con sensore di tipo elettromagnetico, a destra con sensore a palette.

origine ad un flusso di induzione elettromagnetica che permette al flussimetro di misurare la quantità di acqua che lo sta attraversando. (**figura 18**).

Vi sono in commercio flussimetri in grado di rilevare un ampio intervallo di portate (0,5-200 l/min) e pressioni di esercizio fino a 50 bar.

1.8 Sistemi di polverizzazione del liquido: gli ugelli

Oltre ai componenti citati, le macchine irroratrici sono dotate di sistemi che provvedono a polverizzare in maniera opportuna il liquido da irrorare, cioè a produrre le minute goccioline che devono raggiungere la vegetazione da trattare.

I sistemi di frantumazione del liquido in gocce (comunemente chiamati ugelli) sono generalmente composti da una ghiera di bloccaggio, da guarnizioni di tenuta, da un filtro (non sempre presente), e da un convogliatore e una testa di spruzzo (il vero e proprio ugello), che provvede alla effettiva frantumazione del flusso liquido.

Esistono sul mercato svariate tipologie di ugelli molto differenti tra loro, adatti per trattamenti di pieno campo e per trattamenti a bande e localizzati.

Dal punto di vista costruttivo gli ugelli si differenziano molto anche in base alla tipologia dei materiali utilizzati. Il materiale più utilizzato e diffuso é la plastica (si tratta in realtà di polimeri molto specifici), seguita dalla ceramica e dagli acciai, mentre un tempo erano molto diffusi anche l'ottone e l'alluminio.

Dal punto di vista economico i polimeri plastici offrono indiscutibili vantaggi, ma talvolta, comparando il costo alle ore di utilizzo, può risultare più economico un ugello con inserto in materiale ceramico che, pur essendo più oneroso da acquistare, garantisce una durata ed una qualità nel tempo maggiori.

Gli ugelli in acciaio possono essere utilizzati anche con pressioni di esercizio molto elevate ma a fronte di un prezzo di acquisto molto superiore sia a quelli con inserto ceramico che a quelli con inserto plastico per cui se ne consiglia l'utilizzo soltanto nei casi ove sia necessario raggiungere pressioni di esercizio che gli altri ugelli non riescono a garantire.

Per quanto riguarda l'ottone e l'alluminio si tratta di materiali ormai poco (l'ottone) o per nulla (l'alluminio) utilizzati in quanto molto più soggetti dei materiali sopracitati al fenomeno dell'usura.

MATERIALE	COSTO	DURATA	QUALITÀ	ALTRO
Plastica	basso	media	media	Buon rapporto qualità prezzo
Ceramica	medio-alto	alta	alta	Utilizzabili con pressioni di esercizio medio-alte
Acciaio	alto	medio-alta	media	Utilizzabili con elevate pressioni di esercizio
Ottone	medio	breve	media	Utilizzabili con elevate pressioni di esercizio
Alluminio	medio	breve	bassa	--

Tabella 2 - Alcune caratteristiche dei diversi materiali con cui sono costruiti gli ugelli.

Le più comuni tipologie di **ugelli** sono:
1. **a ventaglio;**
2. **a doppio ventaglio;**
3. **a cono vuoto;**
4. **a cono pieno;**
5. **a specchio ad ampio angolo;**
6. **ugello a più getti rettilinei.**

1.8.1 Ugello a ventaglio

Si distinguono in ugelli a ventaglio singolo e ugelli a ventaglio doppio.

Ugelli a ventaglio singolo

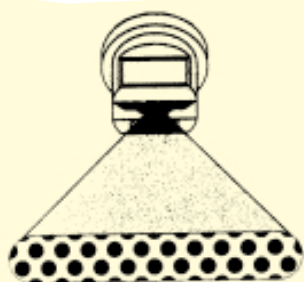



Figura 19 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a ventaglio singolo.

Gli ugelli a **ventaglio**, detti anche più precisamente a "ventaglio singolo", presentano una fessura longitudinale di forma ellittica, a spigoli vivi o arrotondati.

Sono la tipologia più comunemente utilizzata sulle barre irroratrici, la loro pressione di esercizio tipica è compresa tra 2 e 4 bar per ugelli in materiale plastico e tra 1,5 e 5 bar per ugelli materiale ceramico e vengono comunemente commercializzati con una grande varietà di calibri, in modo da permettere di ottenere un getto adeguato sia con prodotti di copertura che sistemici. Nel primo caso è infatti necessario "coprire" bene la vegetazione utilizzando goccioline molto fini, mentre nel secondo caso è più opportuno utilizzare gocce di diametro maggiore (il prodotto entra comunque in circolo nella linfa della pianta) e meno soggette ad evaporazione o ad essere trasportate fuori bersaglio dalle correnti di vento.

Oggi è pressoché standardizzato l'utilizzo di ugelli a ventaglio con angolo di apertura del getto di 110°, montati sulla barra irroratrice a distanze di 50 cm tra loro. In questo caso per ottenere una buona uniformità di distribuzione bisogna mantenere un'altezza da terra di almeno 55 cm, mentre altezze superiori ai 90 cm sono assolutamente da sconsigliare pena il verificarsi di elevate perdite di prodotto per deriva (ovvero al trasporto fuori bersaglio del materiale eiettato ad opera delle condizioni ambientali).

In tempi recenti diversi produttori hanno messo anche a disposizione degli utilizzatori degli ugelli a ventaglio a "effetto venturi" con "induzione d'aria". Sono caratterizzati da una maggiore lunghezza e dalla presenza di un forellino laterale, generalmente posto verso la parte superiore da cui lo stesso ugello aspira una certa quantità di aria che poi include all'interno delle goccioline generate.

In sostanza gli ugelli ad inclusione d'aria sono meno soggetti all'effetto deriva ma, danno a parità di portata, una copertura meno efficace della vegetazio-

ne per via della formazione di goccioline con diametro medio più elevato rispetto a quelle generate dagli ugelli a ventaglio classici.

Ugello a ventaglio doppio

Con l'ugello a ventaglio doppio, rispetto al ventaglio singolo, si ottiene una migliore copertura e penetrazione nella coltivazione, con una buona uniformità del prodotto distribuito grazie alle gocce di dimensioni ridotte (a parità di portata) e quindi all'elevato numero di impatti

È consigliabile soprattutto per l'impiego di agrofarmaci che agiscano per contatto.

Questi ugelli sono indicati principalmente su colture con vegetazione fitta (bietola, soia, pomodoro insalate da taglio per la IV gamma) poiché presentano una capacità di penetrazione all'interno della vegetazione maggiore rispetto agli ugelli a ventaglio e a cono vuoto; sono inoltre impiegabili anche con fungicidi ad azione sistemica.

Figura 20 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a ventaglio doppio.

La pressione tipica di esercizio è compresa tra 2 e 4 bar per ugelli in materiale plastico, tra 1,5 e 5 bar per ugelli materiale ceramico.

1.8.2 Ugello a cono

Si distinguono in ugelli a cono vuoto e cono pieno.

Ugelli a cono vuoto

Questo ugello è caratterizzato dalla presenza del vorticatore (*piastrina vorticatrice o elica*) e dalla presenza di una camera a turbolenza di forma cilindrica (per questo tale tipo di ugello è definito anche "a turbolenza").

È la tipologia di ugello più comunemente utilizzata sui moderni atomizzatori a polverizzazione meccanica della vena liquida, . Rispetto agli ugelli a ventaglio possiedono la capacità di generare una popolazione di goccioline caratterizzata da una migliore uniformità dimensionale, consentendo un eccellente rendimento soprattutto nei trattamenti di copertura; la loro pressione di esercizio sugli atomizzatori è generalmente compresa tra 3 e 25 bar. Sulle barre irroratrici dove spesso venivano installati per migliorare la penetrazione della miscela all'interno di grandi masse vegetali è preferibile l'utilizzo di ugelli a doppio ventaglio.

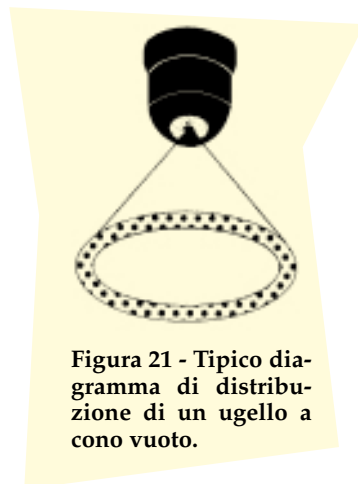



Figura 21 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a cono vuoto.

Anche per gli ugelli a cono vuoto, i costruttori hanno messo recentemente a disposizione degli operatori dei modelli con sistema a Venturi ed inclusione d'aria nella vena liquida, da questo punto di vista i vantaggi e gli svantaggi sono simili a quelli già illustrati precedentemente.

Ugello a cono pieno

Il getto prodotto è costituito da gocce di diametro elevato: è utilizzabile quindi per la distribuzione di prodotti sistemici e fitoregolatori che richiedono un limitato numero di contatti prodotto/pianta. La pressione tipiche varia dagli 1,5 ai 5 bar.

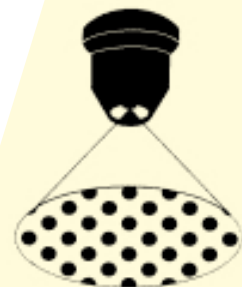



Figura 22 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a cono pieno.

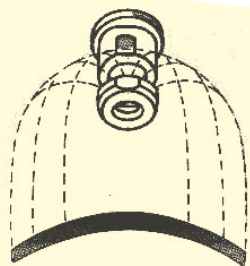



Figura 23 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a specchio.

1.8.3 Ugello a specchio

In questi ugelli è presente una superficie a specchio opposta al foro di uscita.

La vena liquida esce a bassa pressione dal foro della testina, impatta sulla superficie a specchio e si allarga in un ventaglio di goccioline con un angolo di oltre 140°.

Questi ugelli vengono impiegati per applicazioni di pieno campo e assicurano una copertura particolarmente uniforme.

La spaziatura degli ugelli sulla barra varia tra 50 e 100 cm e la pressione di esercizio è compresa tra 0,7 e 3 bar; le gocce prodotte sono di grandi dimensioni, con una cospicua riduzione della deriva.

1.8.4 Ugello a più getti rettilinei

Sono stati espressamente studiati per la distribuzione di concimi liquidi azotati in pre-emergenza. La punta di spruzzo è dotata di 2 o 3 fori di uscita, dai quali il liquido esce sotto forma di getto compatto, senza dividersi in goccioline.

La spaziatura degli ugelli varia in funzione dei fori di uscita (0,3-0,5 m) e la pressione è ridotta (0,5 - 1 bar) perché bisogna evitare polverizzazione del concime che, a causa della sua formulazione, aderendo all'apparato fogliare potrebbe danneggiarlo.

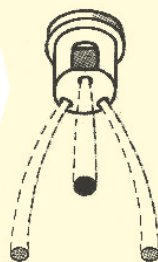



Figura 24 - Tipico diagramma di distribuzione di un ugello a più getti rettilinei.

1.8.5 Ugello composito

Ha una forma del getto a “cono vuoto” ed è la tipologia di ugello più frequentemente presente su atomizzatori di concezione classica. È composto di varie parti che necessitano di essere correttamente riassemblate dopo ogni intervento di pulizia. Viene sempre più frequentemente sostituito dagli ugelli a cono vuoto costituiti da un unico corpo.

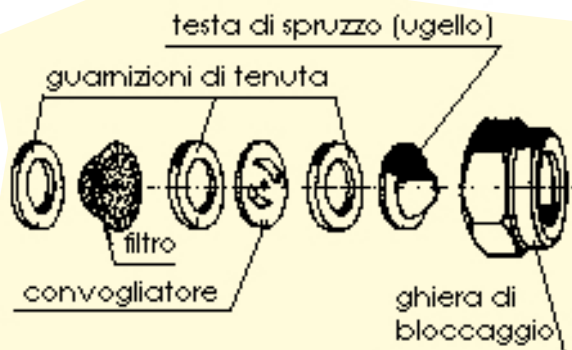



Figura 25 - Esploso di un ugello composito, con le relative parti accessorie.

Escludendo gli ugelli di tipo composito, per tutti gli altri è stato raggiunto un accordo tra quasi tutti i costruttori sui **codici identificativi degli ugelli** che ha dato origine a norme di codifica internazionali (ISO) basate su sigle e colori: ad esempio, il codice 11002 (colore giallo) significa angolo di spruzzo 110°, portata di 0.8 l/min a 3 bar.

In questo modo partendo dal colore e dalla tipologia di ugello a determinate pressioni corrispondono specifiche e conosciute portate espresse in l/min che vengono riassunte in tabelle specifiche che dovrebbero essere sempre richieste in fase di acquisto degli ugelli perché basilari nella taratura della macchina.

Vi sono ancora in commercio vecchi ugelli a cono con piastrina e convogliatore in cui le dimensioni sono espresse indicando il diametro di tali elementi; ad esempio 1,8/1,2 (foro piastrina 1,8 mm, foro convogliatore 1,2 mm) oppure 1,5/- (foro piastrina 1,5 mm, convogliatore cieco).

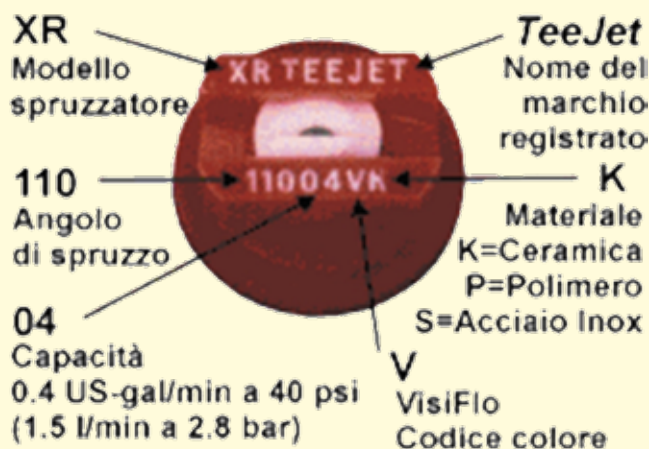



Figura 26 - Tipico sistema di lettura di un ugello.

1.8.6 Manutenzione degli ugelli

Per garantire una buona longevità e una funzionalità ottimale agli ugelli è necessario effettuare frequenti controlli visivi per verificarne il buon funzionamento.

In caso di ostruzione, anche parziale, effettuare una pronta pulizia, evitando assolutamente l'utilizzo di punte metalliche o coltellini (che li rovinerebbero irrimediabilmente) preferendo l'utilizzo di aria compressa o di semplici spazzolini da denti. Ogni 100 ore di utilizzo circa è poi importante controllare che la loro portata (l/min) non si discosti significativamente (oltre il 10%) rispetto a quella nominale alla pressione di utilizzo alla quale si sta eseguendo il controllo; per l'effettuazione di questa verifica si possono utilizzare semplicemente delle caraffe graduate e un cronometro misurando la quantità di acqua che esce in un certo tempo.

È però importante far si che sia possibile intercettare con la brocca la totalità del liquido erogato dall'ugello. Mentre per le barre irroratrici basta porre la brocca graduata immediatamente al di sotto dello stesso, con gli atomizzatori può essere necessario sovrapporre agli ugelli dei tubetti per convogliare poi il liquido verso la brocca graduata.

La scelta del tipo di ugello e del materiale è molto importante essa viene influenzata principalmente dalle seguenti variabili:

1. colture coltivate;
2. condizioni climatiche in cui si svolge l'irrorazione;
3. frequenza di utilizzo della macchina irroratrice;
4. caratteristiche della macchina e sue esigenze operative;
5. esigenze dell'agricoltore;

In generale si consiglia in fase di acquisto della macchina di effettuare la taratura della stessa e in quel frangente scegliere la tipologia ed il materiale in base alle indicazione precedentemente riportate.

2. Classificazione delle macchine irroratrici in base alla tipologia di polverizzazione della vena liquida

Dal punto di vista tecnico, in base alla tipologia di polverizzazione, le macchine irroratrici si possono sinteticamente classificare come:

- **macchine a polverizzazione meccanica**
- **macchine a polverizzazione pneumatica**
- **macchine a polverizzazione centrifuga**

2.1 Polverizzazione meccanica (getto portato e getto proiettato)

Le macchine a polverizzazione meccanica della vena liquida sono di due tipi:

- **a getto proiettato (è il caso tipico delle barre irroratrici),**
- **a getto portato (è il caso tipico degli atomizzatori tradizionali).**

Nelle macchine del primo tipo, più adatte per trattamenti su colture erbacee, le goccioline vengono proiettate nell'atmosfera, grazie all'energia fornita da un circuito idraulico in pressione e successivamente frantumate da particolari orifizi: gli ugelli **(figure 19 e 26)**. La polverizzazione del liquido avviene per azione meccanica, per pressione o per forza centrifuga e il trasporto delle gocce avviene per energia cinetica.

Le pressioni di esercizio tipiche non sono in genere eccessive (max 5 bar), con quantità irrorate di circa 150 - 400 litri ad ettaro. Normalmente queste macchine lavorano distribuendo le goccioline dall'alto verso il basso e quindi oltre a sfruttare la pressione del circuito utilizzano la forza di gravità per raggiungere il bersaglio.

Le macchine a getto portato (chiamate anche atomizzatori) sono idonee per le coltivazioni arboree. Le goccioline prodotte dagli ugelli vengono investite da una corrente d'aria generata da un ventilatore (che può anche contribuire a frazionarle ulteriormente) che serve a trasportarle verso la vegetazione oggetto del trattamento. Utilizzano pressioni di esercizio più elevate (10 bar e oltre) e la corrente d'aria del ventilatore raggiunge velocità d'uscita anche superiori ai 200 km/h. Questa tipologia di irroratrici lavora in orizzontale o dall'alto verso il basso per cui l'aria è necessaria sia per trasportare le gocce che per farle meglio penetrare all'interno della vegetazione.

2.2 Sistemi a polverizzazione pneumatica

Si tratta di sistemi di polverizzazione e trasporto assistiti da corrente d'aria.

Il liquido, inizialmente nebulizzato da normali ugelli, viene investito da una corrente d'aria generata da un ventilatore assiale, la cui velocità è molto elevata (80-160 metri/secondo) grazie anche alla presenza di una strozzatura (tubo di Venturi); il flusso d'aria aumenta la polverizzazione della miscela e le conferisce una notevole energia cinetica, che migliora la penetrazione nella vegetazione da trattare **(figura 27)**.

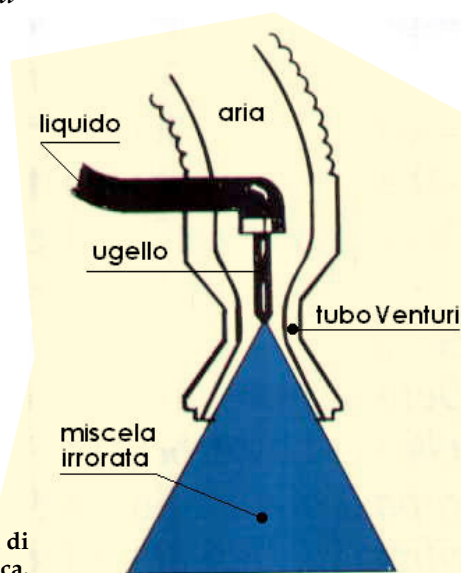



Figura 27 - Rappresentazione schematica di un sistema a polverizzazione pneumatica.

Le gocce prodotte dalle macchine a polverizzazione pneumatica si caratterizzano per una ottima uniformità dimensionale e per la capacità di mantenere dimensioni comprese fra 50 e 300 µm, che variano in questo tipico range in maniera inversamente proporzionale alla velocità dell'aria.

Per le ottime capacità di penetrazione nella chioma, questi sistemi vengono impiegati soprattutto su colture arboree, per prodotti fungicidi e insetticidi.

Per l'impiego di questa tipologia di irrorazione è necessario utilizzare delle trattori con potenze elevate a causa del forte assorbimento del ventilatore assiale.

2.3 Sistemi di polverizzazione centrifuga

In queste macchine il liquido viene portato, con una pressione relativamente bassa (max 2 bar), sul centro di un disco che, tramite un motorino elettrico, ruota ad alta velocità (fino a 4000 min^{-1}) e distribuisce il liquido sulla sua periferia zigrinata, che determina la frantumazione in gocce uniformi, il cui diametro dipende dalla velocità di rotazione stessa e dalla quantità di liquido erogata nell'unità di tempo **(figura 28)**.

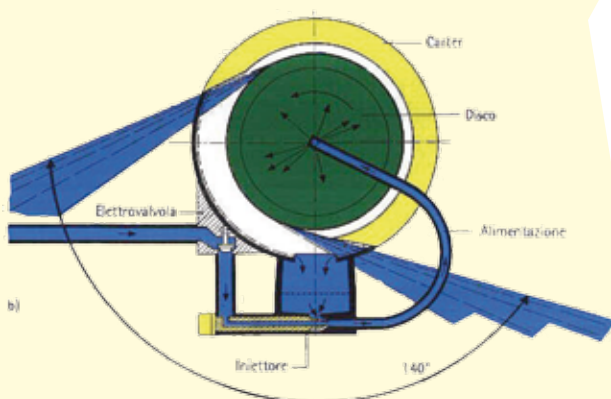



Figura 28 - Esempio di sistema a polverizzazione centrifuga, con relativo schema di funzionamento (a destra).

Questo tipo di polverizzazione è adatto per operare solo a volumi molto bassi (max 40 dm^3/ha), e presenta il vantaggio di avere un'ottima uniformità nella dimensione delle gocce.

Inoltre, si può variare agevolmente diametro delle gocce in base alle necessità (tra 150 e 500 µm), semplicemente modificando la velocità di rotazione del disco.

È un sistema di polverizzazione molto adatto all'impiego in combinata con macchine seminatrici ma è poco diffuso su barre irroratrici da pieno campo a causa degli elevati costi.

2.4 Altre soluzioni

2.4.1 Carica elettrostatica delle goccioline

Consiste nel disporre all'altezza del foro di uscita dei vari ugelli un elettrodo alimentato da una corrente continua, a bassa tensione **(figura 22)**.

Le cariche elettrostatiche positive sente all'uscita dell'ugello sono trasferite al flusso di goccioline. Queste vengono attratte dalla vegetazione da colpire che presenta normalmente una carica elettrica negativa, incrementando pertanto la quantità di prodotto che raggiunge la vegetazione oggetto del trattamento.

Figura 29 - Esempio di irroratrice con sistema elettrostatico.

Si tratta al momento di un sistema per lo più applicato in combinazione con la polverizzazione pneumatica della miscela (atomizzatori pneumatici) che presenta l'indiscutibile vantaggio di diminuire in maniera piuttosto consistente il fenomeno della deriva, specie in presenza di quantità elevate di vegetazione. Il rovescio della medaglia è costituito dal fatto che con il sistema elettrostatico attivato risulta più difficile effettuare distribuzioni mirate all'interno di vegetazioni molto spesse o ad esempio sulla vite per colpire solamente l'interno dei grappoli, in quanto le particelle liquide caricate elettrostaticamente dimostrano una maggiore attitudine ad aderire alle parti esterne della vegetazione trattata.

2.4.2 Umettazione

È un tipo di distribuzione per contatto basata su tele imbibite di liquido proveniente dal serbatoio poste a diretto contatto con le infestanti su cui viene depositata la miscela contenente il principio attivo. Si tratta di macchine inizialmente concepite per il controllo del riso crodo (data la sua attitudine a crescere più velocemente della maggior parte delle varietà di riso coltivate), o comunque di colture in cui le infestanti abbiano uno sviluppo in altezza maggiore rispetto alla coltura utilizzando anche diserbanti non selettivi.

Figura 30 - Barra umettatrice.

2.4.3 Distribuzione accoppiata

Questo sistema di distribuzione, chiamato anche "barra a manichetta d'aria", è costituito da una normale macchina per l'irrorazione delle colture erbacee (barra irroratrice) a cui viene accoppiata una corrente d'aria aggiuntiva prodotta da un ventilatore apposito (con portate tipiche di 1500 m³/h) che, tramite un condotto costituito da una manica tessile posta sopra la barra, investe il flusso di liquido da distribuire, con un'angolazione di circa 20° rispetto alla sua direzione.

L'aria accompagna le goccioline che escono dagli ugelli, migliorandone la distribuzione sulla pianta e riducendo anche i fenomeni di deriva. Tale sistema (**figura 31**) risulta particolarmente efficace per trattamenti su colture in avanzato stadio di sviluppo e per la distribuzione di prodotti che devono colpire insetti o parti di vegetali posti nella zona basale della coltura.(come ad esempio trattamenti al mal del piede dell'orzo con principi attivi di contatto)

Figura 31 - Un ventilatore apposito produce una corrente d'aria che, scorrendo in un condotto a manica tessile (in giallo) migliora il trasporto della miscela irrorata verso il bersaglio.

2.5 schemi di funzionamento

Si riportano alcuni schemi generali di funzionamento delle macchine irroratrici, ai fini di una più generale comprensione

2.5.1 Polverizzazione meccanica a getto proiettato

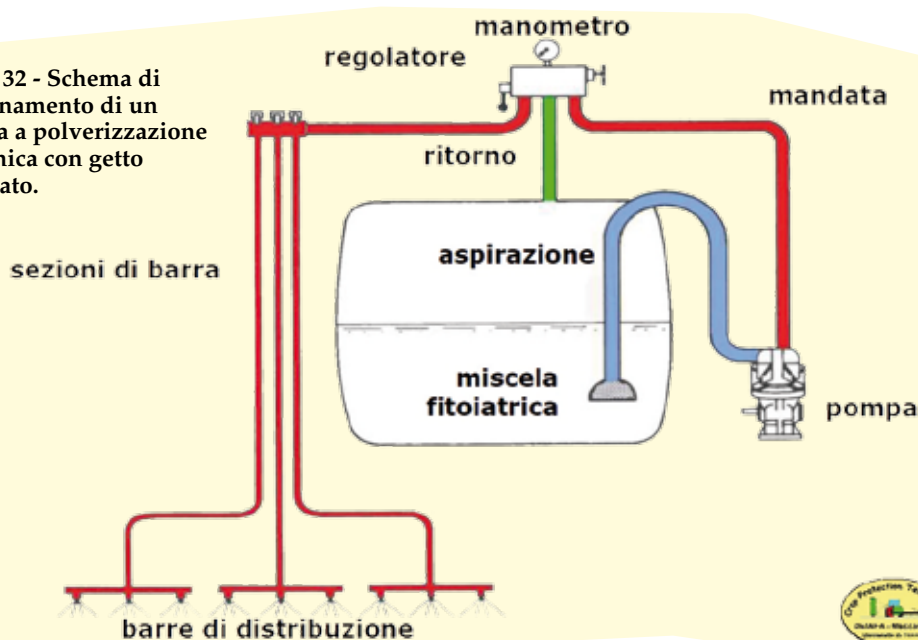
Questo schema di funzionamento è tipico di irroratrici per trattamenti alle colture erbacee dette anche "barre irroratrici".

Il funzionamento prevede in sintesi:

- **un serbatoio**, che contiene la miscela da irrorare;
- **una pompa,** che mette in pressione la miscela nel circuito idraulico;
- **un regolatore di portata**, che ha anche il compito di escludere, se necessario, sezioni di barra (attraverso i "sezionatori") per limitare la distribuzione del

prodotto in particolari condizioni operative; il regolatore deve convogliare inoltre, nel circuito di ricircolo, la miscela in eccesso rispetto alle condizioni operative prescelte;

- **un manometro**, posto sul circuito di mandata, che permette di verificare la pressione del circuito idraulico e monitorare, **indirettamente**, la quantità distribuita e il livello di polverizzazione della miscela;
- **una barra**, provvista di **ugelli**, ai quali viene convogliata la miscela in pressione; gli ugelli la frantumano in goccioline di dimensioni più o meno consistenti, e successivamente la proiettano sulla coltura o sul terreno. Il grado di polverizzazione della miscela dipende, essenzialmente, dal tipo di punta di spruzzo installata e dalla pressione di esercizio.

Figura 32 - Schema di funzionamento di un sistema a polverizzazione meccanica con getto proiettato.

La pressione di lavoro degli ugelli è normalmente compresa fra 1 e 6 bar: un forte aumento oltre questo limite porta a:

- notevole deriva della miscela;
- diminuzione dell'efficienza dei trattamento (distribuzione "fuori bersaglio");
- rischio di inquinamento ambientale.

2.5.2 Polverizzazione meccanica a getto portato

Tale tipologia di funzionamento è tipica degli **atomizzatori tradizionali**, utilizzati per colture arboree. Il ventilatore (elicoidale) convoglia aria ad alta velocità (oltre 150 km/h) in prossimità degli ugelli, dove la miscela arriva in pressione e si frantuma in gocce, dopo essere passata attraverso una pompa; la solu-

zione da distribuire, sotto forma di piccole goccioline, viene quindi **portata** dal flusso d'aria verso la vegetazione.

Il rapporto fra portata dell'aria e quella del liquido è, in genere, pari a circa 25000 : 1; le pressioni di uscita agli ugelli sono in genere comprese fra 2 e 30 bar.

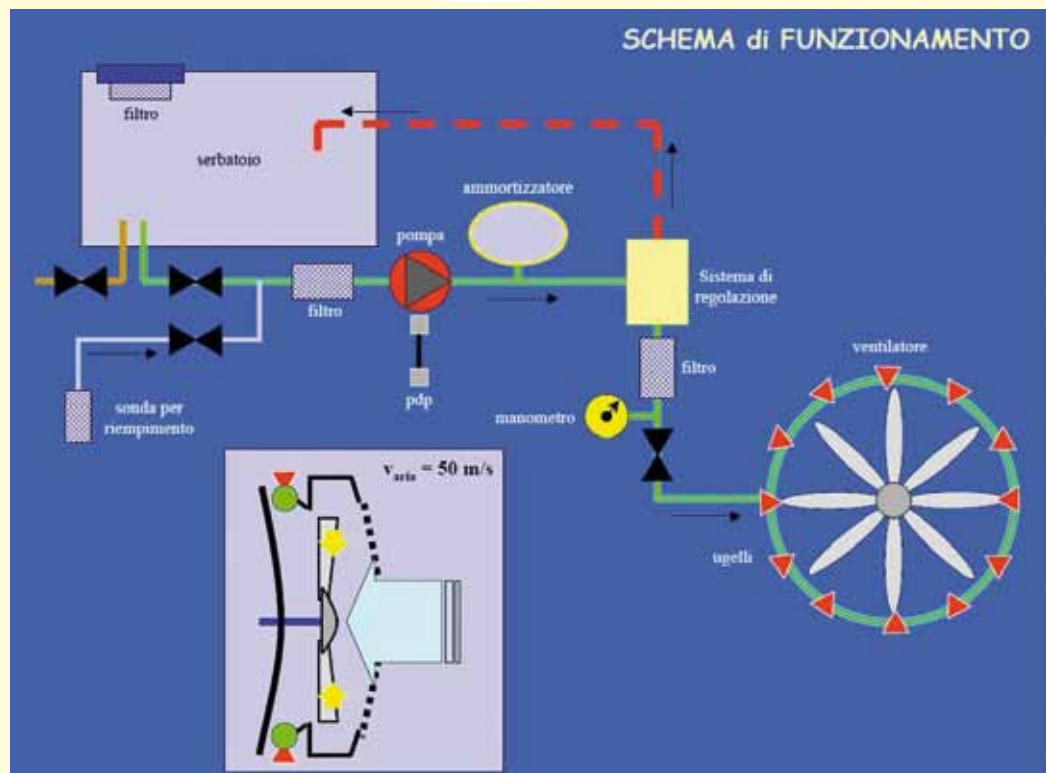



Figura 33 - Schema di funzionamento di un sistema a polverizzazione meccanica a getto portato.

Con questa tipologia di macchinari è possibile utilizzare differenti tipologie di convogliatori d'aria e talvolta l'attrezzatura viene denominata proprio in funzione della tipologia di convogliatore adottato.

I convogliatori a ventaglio sono utilizzati soprattutto su colture allevate a parete (sia verticale che orizzontale). Vengono così chiamati per la particolare forma della loro parte terminale, che è realizzata in modo da convogliare il getto d'aria in una zona ben precisa, dove si trova l'obiettivo da trattare, come vedasi in **figura 35**.

I convogliatori a manichetta **(figura 36)** sono costituiti da tubolari (anche multipli) di piccolo diametro che possono avere un numero variabile ed essere orientate a piacere sulla vegetazione. Esistono macchine di questo tipo "scavallanti" ovvero in grado di operare su forme di allevamento a spalliera trattando contemporaneamente anche le facciate interne dei due filari adiacenti a quello ove transita il cantiere trattore-irroratrice.

Figura 34 - Il ventilatore nel sistema a polverizzazione meccanica a getto portato produce l'aria ad alta velocità che trasporterà le gocce della miscela verso il bersaglio.

Figura 35 - Atomizzatore tradizionale con convogliatore a ventaglio.

I convogliatori a cannone **(figura 37)** sono realizzati convogliando tutto il flusso d'aria prodotto dal ventilatore in una unica bocca di lancio di grosso diametro. Il loro utilizzo è consigliato per i trattamenti di colture industriali ad alto fusto (es. pioppeti) e per le alberature urbane.

Se ne sconsiglia invece l'utilizzo su colture erbacee per via della enorme difficoltà ad ottenere in questi ambiti un corretto diagramma di distribuzione e per l'enorme soggezione del prodotto eiettato da queste macchine al fenomeno della deriva.

Figura 36 - Atomizzatore tradizionale con convogliatore a manichetta.

I sistemi di convogliamento detti "diffusori" **(figura 38)** sono utilizzati proficuamente nelle forme d'allevamento a spalliera e vengono realizzati mediante pannelli che indirizzano il flusso dell'aria verso le pareti coltivate adiacenti.

La forma e la disposizione dei pannelli diffusori varia molto nelle realizzazioni commerciali, che quindi trovano spesso specifici usi su particolari colture caratteristiche di determinate zone.

Figura 37 - Atomizzatore a cannone.

Figura 38 - Atomizzatore tradizionale con sistema di convogliamento a diffusori.

2.5.3 Polverizzazione pneumatica a getto portato

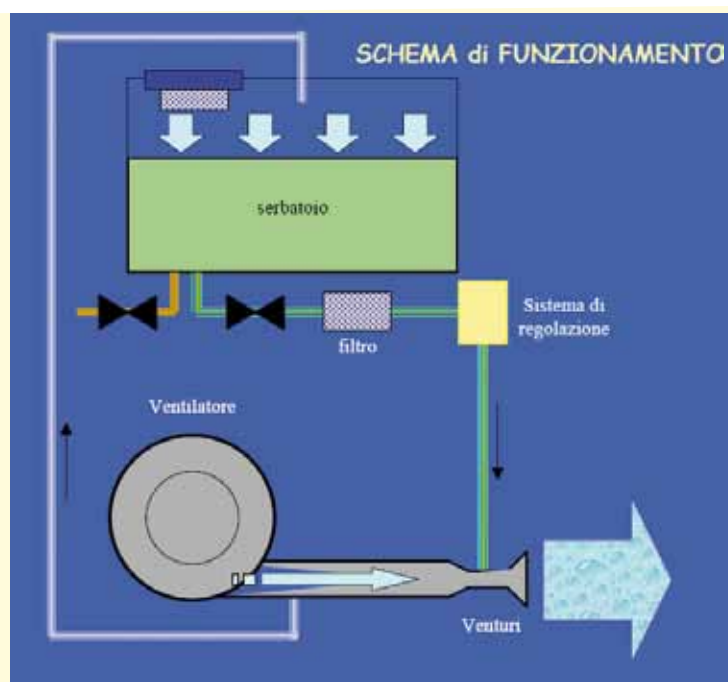



Figura 39 - Schema di funzionamento di un sistema a polverizzazione pneumatica e getto portato.

Questa tipologia di irroratrice chiamata anche "Atomizzatore pneumatico, nebulizzatore o atomizzatore a basso volume" è costituita da un ventilatore di tipo **centrifugo**, che garantisce una velocità dell'aria molto elevata (oltre 200 km/h); il funzionamento si basa sul principio del tubo Venturi: la forte depressione che si viene a creare in corrispondenza della strozzatura del tubo stesso, richiama la miscela dal serbatoio e la corrente d'aria proveniente dal ventilatore provvede a nebulizzare e contemporaneamente a portare sul bersaglio la miscela da distribuire.

Il liquido viene distribuito tramite speciali diffusori **(figura 40)**, con pressioni di esercizio di circa 0,5-2 bar e portate comprese fra 10 e 50 dm^3/min.

Si tratta di macchine che richiedono per il loro azionamento potenze mediamente molto più elevate rispetto agli atomizzatori tradizionali, hanno vantaggi quali la scarsissima attitudine all'intasamento degli ugelli, la buona uniformità dimensionale delle goccioline eiettate e l'attitudine a effettuare trattamenti con minori quantità di acqua ma presentano lo svantaggio di dovere necessariamente operare con velocità dell'aria molto elevate causando spesso delle elevate perdite per effetto deriva.

Figura 40 - Tre esempi di irroratrice con polverizzazione pneumatica a getto portato.

3. Dotazioni indispensabili per le macchine irroratrici

Prima di acquistare una qualunque irroratrice, è necessario verificare che l'irroratrice sia marcata CE, riporti la targhetta di identificazione e sia accompagnata dal documento noto come "dichiarazione CE di conformità" e dal manuale di uso e manutenzione.

La marcatura CE garantisce chi utilizza una macchina che la stessa è stata costruita nel rispetto della "direttiva macchine"cioè una serie di direttive comunitarie che hanno l'obiettivo di stabilire gli standard minimi comuni di sicurezza a cui tutti i costruttori presenti nella Comunità Europea devono adeguarsi nella costruzione di macchine di vario tipo. La targhetta di identificazione deve riportare, in forma leggibile ed indelebile, almeno le seguenti informazioni:

- *nome e indirizzo del costruttore;*
- *anno di costruzione;*
- *designazione della serie o del tipo;*
- *numero di serie, se esistente;*
- *pressione ammissibile del circuito;*
- *massa a vuoto;*
- *massa totale ammissibile.*

Sulla **pompa** deve esserci una targhetta di identificazione con i seguenti dati:

- *nome ed indirizzo del costruttore;*
- *numero di serie;*
- *portata massima della pompa (l/min);*
- *pressione massima fornita dalla pompa;*
- *portata massima della pompa alla pressione massima di utilizzo (l/min);*
- *frequenza di rotazione nominale e massimale (giri/min).*

I **tubi** invece devono essere muniti di una targhetta con la pressione massima alla quale possono essere utilizzati.

Sull'irroratrice devono essere presenti e ben visibili dei pittogrammi di segnalazione del pericolo che riconducono al manuale di uso e manutenzione.

Manuale di uso e manutenzione

Il manuale di uso e manutenzione deve essere sempre impiegato inizialmente per conoscere la macchina, i suoi meccanismi di funzionamento e le modalità di utilizzo in sicurezza; in un secondo momento esso diventa la guida da consultare prima di procedere nelle operazioni di manutenzione ordinaria.

La Dichiarazione CE di conformità

La dichiarazione CE di conformità è una dichiarazione del costruttore che la macchina commercializzata presenta le stesse caratteristiche di sicurezza e tutela della salute degli operatori previste dalla già citata direttiva comunitaria (direttiva macchine). La dichiarazione CE di conformità riporta i dati identificativi del costruttore, le disposizioni e le norme cui la macchina è conforme.

la dichiarazione CE di conformità deve essere consegnata dal rivenditore con la macchina e deve sempre essere conservata.

4. Rischi connessi all'uso di macchine irroratrici e di agrofarmaci

4.1 Rischi connessi all'uso di macchine irroratrici

Le operazioni che vengono compiute nell'utilizzare l'irroratrice e che possono essere fonte di rischio sono le seguenti:

1. prima dell'uso: **accoppiamento al trattore** e **collegamento alla presa di potenza**, dopo l'impiego: **disaccoppiamento e distacco**;
2. **riempimento e svuotamento del serbatoio**;
3. **regolazioni**;
4. **irrorazione**;

4.1.1 Accoppiamento al trattore

L'accoppiamento dell'irroratrice al trattore avviene:

a) tramite il collegamento all'attacco a tre punti nel caso di irroratrici di tipo portato;
b) mediante l'aggancio alle barre del sollevatore idraulico nel tipo semiportato;
c) tramite il collegamento al gancio di traino nei modelli trainati.

Deve essere regolato l'attacco a tre punti della macchina portata dalla trattrice per evitare oscillazioni durante il trasporto e il lavoro.

Nello specifico durante la fase di accoppiamento/disaccoppiamento al trattore e del collegamento/scollegamento alla presa di potenza sussiste il rischio di schiacciamento in fase di attacco causato da instabilità della macchina e il rischio di essere investiti da getti di fluidi in pressione. È quindi opportuno ricordarsi di operare sempre con la presa di potenza disinserita (sarebbe preferibile, per una maggiore sicurezza, spegnere anche il motore e estrarre la chiave del quadro comandi) operando sempre secondo le prescrizioni riportate nel manuale di istruzioni e prevedere dispositivi di supporto per evitare, nella fase di attacco, il ribaltamento o lo spostamento accidentale dell'irroratrice.

È inoltre necessario controllare che gli innesti rapidi delle irroratrici e le prese olio del trattore riportino un codice identificativo per evitare errori nella loro connessione e verificare lo stato delle protezioni dei tubi dei sistemi idraulici per evitare fuoriuscite di liquido in caso di rotture.

4.1.2 Collegamento con l'albero cardanico

L'albero cardanico consente la trasmissione del moto dalla trattrice all'irroratrice, durante la fase di collegamento dello stesso con la macchina irroratrice sussiste il rischio di impigliamento, trascinamento, avvolgimento a causa di protezione incompleta dell'albero cardanico.

Per ovviare a ciò l'albero cardanico deve:

- essere marcato CE e possedere la dichiarazione CE di conformità;
- essere fissato correttamente alla presa di potenza. del trattore; le catenelle devono essere agganciate agli appositi punti per evitare la rotazione delle protezioni dell'albero cardanico;
- durante il lavoro, i tubi telescopici devono essere sovrapposti per almeno 1/3 della loro lunghezza;
- gli angoli di snodo dell'albero cardanico devono essere contenuti nei valori indicati dal costruttore.
- l'irroratrice deve disporre di un supporto specifico per riporre la trasmissione cardanica quando è disinserita dal trattore.

4.1.3 Distacco dell'irroratrice

Il distacco della macchina dal trattore deve essere fatto solo se il terreno è compatto e pianeggiante. La fase distacco dell'irroratrice comporta il rischio di schiacciamento in fase di distacco causato da instabilità della macchina; per ovviare a ciò è necessario verificare che il carico sui punti di appoggio non sia eccessivo (anche in rapporto alle condizioni del terreno) e dotare l'irroratrice di un piede d'appoggio per evitare il ribaltamento accidentale. Per evitare spostamenti accidentali nelle macchine trainate bisogna bloccare le ruote con appositi cunei.

4.1.4 Riempimento e svuotamento del serbatoio

Il riempimento del serbatoio viene fatto solitamente in azienda, ma la maggior parte delle macchine irroratrici prevedono la possibilità di utilizzare le loro pompe anche per effettuare tramite apposite tubazioni il riempimento del serbatoio attingendo l'acqua direttamente dai corsi d'acqua. Questi sistemi devono in tal caso essere dotate di un sistema di non ritorno dell'acqua dal serbatoio per impedire inquinamenti.

I principale rischio per l'operatore nella fase di riempimento è dato dal contatto accidentale con i formulati utilizzati, e per scongiurarlo, oltre all'ottemperamento da parte dell'operatore a quanto specificato nel successivo paragrafo, è necessario che la macchina irroratrice abbia dei dispositivi per il travaso o un'apertura di riempimento che deve essere posizionata a meno di 1,5 metri da terra o dalla piattaforma a cui l'operatore accede, l'operatore non deve sporgersi per raggiungere l'apertura del serbatoio (distanza max dal bordo: 30 cm). Se le aperture del serbatoio hanno un diametro maggiore di 40 cm devono essere protette da griglie svitabili. Il livello del liquido deve essere sempre chiaramente visibile da parte dell'operatore durante il riempimento e lo svuotamento. Ad esclusione dei serbatoi in pressione devono esserci degli sfiati per le operazioni di riempimento e svuotamento. Se l'uscita di drenaggio del serbatoio può essere aperta semplicemente con il rubinetto prestare attenzione a che il flusso sia diretto lontano dall'operatore.

4.1.5 Regolazioni di tipo idraulico

Anche nell'effettuazione delle regolazioni di tipo idraulico della macchina sussistono il rischio di schiacciamento, di intrappolamento tra operatrice e trattrice dovuto alla caduta o al movimento della macchina, e per scongiurarli è necessario verificare la presenza delle protezioni contro le pressioni che superano quella massima di esercizio del sistema (valvole sovrappressione ecc.) e verificare l'assenza di eventuali perdite pericolose. I componenti devono essere accessibili in condizioni di sicurezza per le operazioni di regolazione.

In caso di sollevamento servoassistito dell'irroratrice il controllo deve poter essere attivato dal posto di guida e deve essere del tipo ad azione sostenuta. Per assicurare la protezione contro i rischi di urto e di schiacciamento, la macchina deve essere equipaggiata del dispositivo limitante la velocità di discesa delle barre ad un valore di 10 mm/s; oppure un dispositivo di bloccaggio il quale assicuri un'altezza minima di 50 cm. Bisogna inoltre mantenere visibili i pittogrammi che raffigurano i movimenti effettuati dalla macchina o dai suoi componenti.

4.1.6 Distribuzione del prodotto

Oltre all'ovvio rischio di contatto accidentale con il formulato da distribuire, per la risoluzione del quale si rimanda al paragrafo successivo, operando con macchine aeroassistite (ovvero con la presenza di ventole), sussiste il rischio dovuto ad eventuale lancio di materiale da parte delle ventole e di contatto accidentale con le stesse. Per evitare questi problemi occorre controllare che gli elementi mobili dell'irroratrice siano muniti di protezioni o dispositivi di protezione idonei a prevenire qualsiasi rischio di contatto e mantenere la visibilità dei pittogrammi di sicurezza per evidenziare i pericoli di lancio.

Il ventilatore degli atomizzatori deve essere posto o protetto in modo tale da non poter raccogliere o proiettare materiale estraneo che possa danneggiare l'operatore. Le pale del ventilatore devono essere schermate da griglie con maglie di dimensioni opportune.

4.2 Rischi connessi all'uso degli agrofarmaci

I fitofarmaci sono generalmente prodotti chimici di sintesi che hanno diversi livelli di pericolosità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente. Per questo ad ognuno di essi è stata assegnata una classe, relativa all'entità e al tipo di rischio che esiste durante l'uso.

Senza entrare nel dettaglio, i principali rischio connessi all'utilizzo sono:

1. rischio per il **consumatore,** a causa dei potenziali residui presenti sui prodotti agricoli e sulle derrate alimentari. Questo rischio riguarda una vasta popolazione, sottoposta però a intensità di esposizione ridotte, anche se costanti. La legislazione prevede dei livelli massimi di residui chimici di fitofarmaci ammissibili negli alimenti, affinché non vi siano rischi per il consumatore. Per garantire il rispetto di questi limiti è necessario seguire alcune semplici regole quali effettuare la distribuzione nel modo il più efficiente possibile, non superare le dosi ammesse e rispettare scrupolosamente gli intervalli di carenza. L'**intervallo di carenza** o **tempo di sicurezza** è definito dal Ministero della Salute, è specificato sull'etichetta per ogni coltura per la quale il fitofarmaco è autorizzato e stabilisce il numero di giorni che deve intercorrere fra l'ultimo trattamento e la raccolta: ad esempio, un intervallo di carenza fissato a 20 giorni impone che i trattamenti devono essere sospesi almeno 20 giorni prima della raccolta.
2. Rischio diretto **per l'ambiente** e quindi indirettamente per l'uomo, dovuto alla presenza su vasta scala dei residui dei trattamenti, che si diffondono facilmente attraverso il trasporto passivo (soluzione circolante nello strato lavorato del terreno, falde acquifere, correnti d'aria ecc.). La dinamica della diffusione dei residui degli antiparassitari è forse uno degli aspetti meno considerati, ma assume notevole importanza soprattutto in presenza di col-

tivazioni intensive. I residui possono infatti diffondersi rapidamente e raggiungere anche zone molto distanti dal punto di applicazione, tramite i corsi d'acqua, le falde acquifere e in generale il trasporto dovuto a fenomeni meteorologici (piogge, venti, ecc.).

3. Rischio per **organismi animali e vegetali non bersaglio**. Oltre all'uomo, esistono anche altri organismi che sono sottoposti all'azione indiretta dei prodotti chimici distribuiti. La lotta condotta verso i parassiti (animali o vegetali), coinvolge spesso anche organismi la cui presenza è considerata utile, se non indispensabile, al mantenimento dell'equilibrio all'interno delle catene alimentari o per il corretto realizzarsi delle fasi fenologiche delle piante. Basti pensare all'effetto che certi insetticidi hanno sia sugli insetti bersaglio che su quelli utili (es. insetti pronubi responsabili dell'impollinazione).
4. Rischio per gli **operatori** direttamente coinvolti nella distribuzione dei prodotti fitosanitari. I livelli di esposizione per questa categoria sono spesso elevati; i fenomeni di intossicazione sono dovuti principalmente alla non osservanza delle norme di sicurezza previste.

Sicuramente tra quelli elencati il rischio per gli operatori è quello più elevato; l'intossicazione può presentarsi in forma acuta (i sintomi insorgono all'improvviso) o cronica (quando i sintomi si evidenziano gradualmente nel tempo).

I sintomi dell'intossicazione acuta possono essere localizzati alle parti o agli organi interessati all'esposizione alla sostanza, o causare effetti negativi generalizzati. Ciò dipende sostanzialmente da tre fattori:

- la modalità di assorbimento;
- la dose realmente assorbita dall'organismo;
- il grado di tossicità della sostanza impiegata.

In caso di ingestione i sintomi possono essere vomito, nausea e dolori addominali, mentre in caso di inalazione possono insorgere disturbi a carico del sistema nervoso.

Se si verifica contatto cutaneo, possono insorgere pruriti e arrossamenti generalizzati.

È possibile invece formulare una diagnosi di intossicazione cronica, almeno per alcuni composti, tramite un "monitoraggio biologico", effettuato con opportuni esami di laboratorio su urine e sangue in grado di evidenziare un'intossicazione da fitofarmaco.

5. Dispositivi di Protezione Individuale da indossare durante l'utilizzo dei prodotti fitosanitari

Le operazioni che espongono gli agricoltori ai prodotti fitosanitari vanno dalla preparazione della miscela, alla distribuzione, al lavaggio dei mezzi e delle attrezzature utilizzate, alle operazioni agronomiche successive al trattamento. Gli operatori agricoli devono essere consapevoli dei rischi a cui sono sottoposti e devono quindi proteggersi la bocca, le vie respiratorie, la pelle e gli occhi con idonei dispositivi.

Per tutti gli impieghi di fitofarmaci è obbligatoria l'adozione di accorgimenti che possono limitare notevolmente i rischi, quali dispositivi di protezione individuali (D.P.I.) e/o cabine, montate sul posto di guida dei trattori, pressurizzate e provviste di filtri a carbone attivo.

Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)

L'uso dei dispositivi di protezione individuale è indispensabile:

- durante le operazioni di trattamento;
- durante la fase di preparazione delle miscele;
- per eventuali interventi di manutenzione della macchina;
- alla fine dei trattamenti per effettuare la pulizia delle attrezzature;
- per un corretto e sicuro stoccaggio dei prodotti.

In funzione della gravità dei rischi, i DPI sono suddivisi nelle tre categorie (dlgs 475/92) di seguito descritte.

- I Categoria: protegge da rischi di danni fisici di lieve entità di cui l'operatore abbia la possibilità di percepire il progressivo verificarsi degli effetti lesivi.
- II Categoria: riguarda tutti i rischi non coperti dalle altre due categorie.
- III Categoria: Dpi di progettazione complessa destinati a salvaguardare dai rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente; nel progetto si deve supporre che la persona che li indossa non possa percepire tempestivamente il verifi carsi degli effetti lesivi. Quest'ultima categoria riguarda appunto la protezione da agenti chimici quali sono quasi tutti gli agrofarmaci.

I principali D.P.I. adottabili per la protezione del corpo consistono in:

Tute. Le tute per la protezione del corpo possono essere di diversa fattura e di materiale, idoneo e certificato per il rischio chimico da cui ci si deve proteggere.

Per i rischi classificati in III categoria esistono differenti tipolgie di tute (il tipo 4 è a tenuta di spruzzi, il tipo 5 a tenuta di particelle, il tipo 6 a tenuta di schizzi di liquidi chimici). Le tute possono essere monouso o riutilizzabili.

Tra i materiali più diffusi troviamo il TYVEK, il TYVEK PRO-TECH "C", il KLEENGUARD, cioè tessuti-non tessuti utilizzati principalmente per le monouso; il GORE TEX, l'IMPRAPERM ed altri tessuti sono utilizzati per quelle pluriuso. In ogni caso si tratta sempre di tessuti trattati atti alla protezione dalle sostanze chimiche.

Le tute più confortevoli sono quelle in tessuto non tessuto che, pur avendo minor resistenza meccanica, sono leggere e caratterizzate da una buona traspirabilità e quindi sono anche le più adatte per lavorare nel periodo estivo. Le tute possono essere dotate di cappuccio (consigliato per la protezione del capo), elastici ai polsi, alla vita e alle caviglie. Possono essere intere o costituite da due pezzi; in ogni caso le maniche e i pantaloni devono essere sempre indossati all'esterno di guanti e stivali.

Figura 41 - Esempio di Dispositivi di Protezione Individuale da utilizzare durante la distribuzione di agrofarmaci: tuta in TYVEK, maschera facciale dotata di filtri, guanti e stivali in gomma.

Se la tuta è pluriuso, quindi lavabile, si raccomanda di non effettuare il lavaggio contemporaneamente ad altri indumenti e di fare riferimento alle indicazioni riportate sulla nota informativa della tuta stessa. Dopo il lavaggio occorrerà anche effettuare uno o due risciacqui a lavatrice vuota.

Complessivamente le tute devono possedere una buona traspirazione e una buona resistenza alla penetrazione e allo strappo, nonché cuciture resistenti.

Guanti. Devono essere a 5 dita, impermeabili e specifici per la manipolazione di sostanze tossiche (III categoria, protezione da rischio chimico). I materiali più impiegati sono il NEOPRENE, la GOMMA DI NITRILE, il BAYPREN ed altri.

I guanti devono essere indossati dal momento in cui si apre la confezione e per tutte le operazioni successive. Può essere opportuno indossare anche sottoguanti di cotone per assorbire il sudore e migliorare il comfort soprattutto nei periodi estivi. Alcuni modelli sono già rivestiti in cotone.

Al termine del trattamento, o in caso di contaminazione, i guanti devono essere lavati, ancora calzati, con acqua e sapone e devono essere sfilati contemporaneamente, a poco a poco, aiutandosi con la mano più protetta.

Figura 42 - Esempio di Dispositivi di Protezione Individuale da utilizzare durante la distribuzione di agrofarmaci: guanti in gomma di nitrile.

Stivali. Devono essere in gomma e dotati di spessore adeguato. Al termine del trattamento devono essere lavati, ancora calzati, con acqua e sapone.

I principali D.P.I. adottabili per la protezione delle vie aeree, del capo e degli occhi consistono in:

Casco. Garantisce la protezione completa della testa, del viso, delle orecchie e del collo e aiuta una confortevole respirazione anche sotto sforzo (DPI III categoria). È concepito in modo tale che all'interno del casco vi sia un ricambio d'aria filtrata grazie a un motorino elettrico che la forza all'interno.

Figura 43 - Esempio di Dispositivi di Protezione Individuale per la protezione delle viee aeree: casco auto ventilato.

Si deve aver cura che ci sia un buon contatto sulle spalle e verificare la tenuta della guarnizione della visiera, così da evitare infiltrazioni del prodotto all'interno del casco. I modelli in commercio si adattano a tutte le misure e ad operatori con barba ed occhiali. I caschi si differenziano per il punto d'appoggio (testa e spalle), per il tipo di alimentazione (pile a secco, batteria ricaricabile, sistemi misti, ecc.), nonché per la portata dell'aria (da 80 a oltre 200 l/min.).

Attenzione alla scelta del casco: alcuni modelli quando si ruota il capo restano fermi nella loro posizione e non consentono di controllare l'attrezzatura per la distribuzione dei fitofarmaci che spesso è posta posteriormente.

La **maschera**. È un DPI di III categoria; può essere a facciale intero, soluzione più indicata (vedi foto), o a semimaschera

Il tipo facciale intero protegge tutto il volto evitando il contatto con occhi, naso, bocca; sono da preferirsi maschere con doppia valvola di espirazione.

La semimaschera protegge soltanto naso e bocca. È necessario utilizzare semimaschere a tenuta e provviste di filtro sostituibile; meglio scegliere semimaschere con doppio filtro, doppia valvola di espirazione e doppio laccio di trattenuta dietro il capo.

Per verificare il buon funzionamento di maschere e semimaschere deve essere controllata la tenuta otturando con la mano l'orifizio dei filtri e respirando (se rimane depressione la tenuta è buona). Maschere e semimaschere non sono adatte a soggetti con barba e basette poiché la tenuta non è garantita (non aderiscono).

Figura 44 - Esempio di Dispositivi di Protezione Individuale per la protezione delle viee aeree: maschera faccciale.

Se la maschera non è a facciale intero bisogna abbinare degli idonei occhiali a tenuta, corredati di coperture laterali (specifici per la protezione da sostanze chimiche). La montatura deve essere realizzata con materiali morbidi, leggeri e adattabili alla conformazione facciale. Le lenti devono essere trattate per evitare l'appannamento e alcuni modelli sono dotati anche di un particolare sistema di aerazione.

Casco, maschere e semimaschere, occhiali, dopo aver smontato i filtri, devono essere lavati accuratamente con acqua e sapone. Utilizzando le maschere e le semimaschere, la protezione del capo dovrà essere assicurata dal cappuccio della

tuta o dal copricapo usa e getta in TYVEK o in altri materiali idonei. Si ricorda che è estremamente importante coprire la fronte che rappresenta una fonte di assorbimento del prodotto notevole.

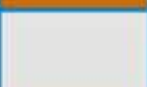
Filtri. Ne sono dotati sia i caschi che le cabine pressurizzate sui trattori e sono considerati anch'essi DPI di III categoria. Devono essere a norma (UNI 8962 e DIN 3181) e sono di solito completati da un prefiltro (per le polveri grossolane) e da un feltro (che svolge azione deumidificante). La parte attiva del filtro è costituita da uno strato di carboni attivi, che riescono a reagire chimicamente con i residui di fitofarmaco presenti nell'aria, depurandola, senza pericolo per l'operatore. È pertanto di fondamentale importanza una loro corretta e puntale manutenzione, rispettando i tempi di pulizia e di sostituzione prescritti. Filtri intasati o esauriti sono fonte di notevole inquinamento aggiuntivo. Per quanto riguarda il tipo di filtri, inteso come capacità di filtrare determinate famiglie di sostanze, la scelta dipende dal DPI (maschera, casco, ecc.) che si intende utilizzare e dalle caratteristiche tossicologiche del principio attivo. Esistono diverse tipologie di filtri in commercio; di solito quelli usati in agricoltura sono contrassegnati dai seguenti colori e sigle: marrone - bianco, esempio A2P2 o A1P1 o A2P3. Le lettere e i colori individuano il tipo di protezione; la lettera A e il colore marrone indicano che il filtro è efficace contro i gas e i vapori organici, mentre la lettera P e il colore bianco indicano che il filtro è efficace contro polveri tossiche, fumi, nebbie. Relativamente al tipo A, i numeri indicano la capacità di captazione (classe 1 bassa, classe 2 media e classe 3 alta). Relativamente al tipo P, indicano l'efficienza filtrante (classe 1 - 78%, classe 2 - 92% e classe 3 - 98%).

TIPO	CLASSE	COLORE	PRINCIPALE CAMPO DI APPLICAZIONE	NORMA DI RIFERIMENTO
A	1, 2 o 3		Gas e vapori organici con un punto di ebollizione > 65 °C (alcol in genere, cherosene, fenolo)	EN 141
AX	Osservare le specifiche norme per l'uso		Gas e vapori organici con un punto di ebollizione < 65 °C (butano, cloroformio, etere etilico)	EN 371
B	1, 2 o 3		Gas e vapori inorganici (cloro, acido solfidrico, acido cloridrico, fluoro, isocianati)	EN 141
E	1, 2 o 3		Gas acidi (anidride solforosa, acido cloridrico, acido fluoridrico, candeggina)	EN 141
K	1, 2 o 3		Ammoniaca e derivati	EN 141
P	1, 2 o 3		Polveri ed aerosoli	EN 143

Tabella 3 - Alcune caratteristiche delle varie tipologie di filtri.

Tendenzialmente gli abbinamenti più idonei sono:
A1P1 con maschere e semimaschere, per prodotti a bassa tossicità acuta.
A2P2 con casco e cabina, per prodotti con bassa tossicità acuta.
A3P3 per prodotti con alta tossicità acuta e riportanti in etichetta frasi di rischio pericolose.

In linea generale per i trattamenti fitosanitari, vista la variabilità dei componenti utilizzati nelle miscele antiparassitarie, si tende a consigliare almeno il doppio filtro combinato di colore marrone + bianco, contraddistinto dalla sigla A1P2.

I filtri hanno una data di scadenza che viene riportata sul filtro stesso e va tassativamente rispettata; dopo il trattamento è indispensabile smontare e conservare il filtro in un luogo pulito e asciutto. Un filtro che ha accumulato più antiparassitario del dovuto, diventa una fonte di intossicazione invece che una protezione per l'operatore. I filtri devono sempre essere sostituiti:

- quando viene percepito cattivo odore all'interno del casco o della maschera;
- quando viene avvertito un aumento della resistenza respiratoria (maschera e semimaschera);
- una volta all'anno, quando si usano per brevi e saltuari periodi;
- secondo le indicazioni del fabbricante, quando riportate.

Cabine. Non sono presenti su tutte le trattrici e quando lo sono limitano il contatto dell'operatore agricolo con le soluzioni distribuite solo se dotate di sistemi di pressurizzazione e di adeguata ventilazione e filtrazione dell'aria; in caso contrario possono diventare più pericolosi a causa del possibile accumulo di sostanze nocive all'interno dell'abitacolo della cabina. La pressurizzazione permette di mantenere una pressione all'interno dell'abitacolo leggermente superiore a quella atmosferica. In tal modo, pur non essendo la cabina a tenuta stagna, è impedito l'accesso di aria esterna inquinata, se non attraverso le bocchette dell'impianto di ventilazione e condizionamento dotate di filtri. Per la manutenzione e sostituzione dei filtri valgono le stesse indicazioni fornite in precedenza.

Figura 45 - Esempio di cabina installata su trattrice a carreggiata stretta.

6. Verifica funzionale e taratura delle macchine irroratrici

È utile ricordare che la manutenzione dell'attrezzatura di irrorazione non costituisce solo un elemento fondamentale per una corretta riuscita dei trattamenti e quindi della coltura, ma anche un'importante norma di sicurezza per l'operatore e per la certezza del rispetto dell'ambiente, della salute dei consumatori. Infatti un'attrezzatura non assoggettata a periodica manutenzione produce un'irrorazione non uniforme e disomogenea sulle superfici bersaglio. Ciò può derivare sia dal mancato rispetto dei corretti parametri dell'abbinamento trattrice - macchina irroratrice (numero di giri, velocità e marcia del trattore, pressione di lavoro della macchina irroratrice), sia dalla deformazione e/o parziale otturazione degli ugelli dell'attrezzatura utilizzata. Le conseguenze possono essere rischi di fitotossicità per le piante, tempi più lunghi di degradazione del prodotto, residui superiori a quelli ammessi al termine del periodo di carenza, maggiori tempi di rientro, aumento dei costi, perdite di produzione, ecc.

La verifica funzionale e la successiva taratura delle irroratrici in uso presso le aziende agricole sono operazioni importanti per la piena riuscita del trattamento fitosanitario.

Per **verifica funzionale** o collaudo si intende il controllo dei parametri funzionali delle diverse componenti della macchina irroratrice da parte di un tecnico abilitato dalla Regione.

Per **taratura** della macchina irroratrice, si intende l'adattamento delle modalità di utilizzo di quest'ultima alle specifiche realtà colturali aziendali. Tarare una macchina irroratrice, quindi significa controllare ed ottimizzare quei parametri necessari per distribuire sulla vegetazione le giuste quantità di soluzione in grado di coprire tutta la vegetazione senza incorrere in derive, percolazioni e quindi sprechi. È noto che la quantità di soluzione varia al variare dello sviluppo vegetativo delle piante, delle avversità da controllare e dei prodotti fitosanitari da impiegare, al fine di ottenere il massimo risultato con la minore spesa. Si tratta di un'operazione effettuata in contemporanea al controllo funzionale o al termine di esso e che va eseguita per ogni realtà colturale presente in azienda o almeno per quelle più rappresentative. Si capisce da quanto detto che la verifica funzionale e la successiva taratura sono operazioni molto importanti anche se molto spesso tralasciate o trascurate.

Indagini condotte da diversi Istituti universitari hanno dimostrato che lo stato di manutenzione delle macchine è in genere insufficiente e talvolta dannoso. In diversi Paesi europei la verifica funzionale periodica delle irroratrici è già stata resa obbligatoria; in Italia allo stato attuale è in molte regioni un impegno

nell'ambito delle misure agroambientali e in linea generale comunque richiesto da alcuni disciplinari di produzione integrata pubblici e privati.

Al momento in Regione Lombardia le verifiche funzionali e tarature delle macchine per la distribuzione di fitofarmaci vengono effettuate secondo un protocollo di prova messo a punto presso l'ex ISMA (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola) ora CRA-ING. Nei prossimi anni dovrà essere recepita la normativa comunitaria EN 13790 che comporterà l'obbligo di sottoporre ad una periodica verifica funzionale tutte le macchine utilizzate professionalmente per la distribuzione di agro farmaci, anche al di fuori del contesto agricolo.

In Lombardia esistono numerosi Centri mobili o fissi che dispongono dell'attrezzatura necessaria per eseguire il collaudo e la taratura delle macchine irroratrici, sia essa un atomizzatore od una barra irroratrice. Informazioni al riguardo si possono trovare presso gli assessorati provinciali all'agricoltura e sul sito della Regione Lombardia

Effettuare una buona "taratura" della macchina significa molto spesso anche aumentare l'efficacia fitoiatrica dei trattamenti diminuendo al contempo l'impatto ambientale degli stessi. È stato dimostrato scientificamente che in alcuni casi (soprattutto con trattamenti a colture arboree nei primi stadi vegetativi) nei trattamenti effettuati con macchine non correttamente tarate oltre l'80% della miscela viene distribuita al di fuori della vegetazione bersaglio, con tutti i conseguenti danni economici e ambientali che ne derivano.

L'utilizzo di macchine correttamente tarate in base alla coltura sulla quale eseguire il trattamento, permette quindi di ottenere:

- una maggiore efficacia del trattamento;
- un minor impiego di acqua;
- una riduzione del tempo necessario per l'esecuzione dei trattamenti;
- una riduzione delle perdite del prodotto fitosanitario nell'ambiente;
- maggiore efficienza del trattamento e potenziale diminuzione del quantitativo di prodotto da utilizzare
- una corretta copertura della massa vegetativa;
- un costo inferiore del trattamento (dovuto al minor tempo impiegato, all'eliminazione delle perdite ed alla maggiore efficienza del prodotto);
- una maggiore vita operativa della macchina irroratrice

6.1 Le prove previste

Il protocollo tecnico che attualmente viene utilizzato in Regione Lombardia per effettuare la verifica della funzionalità delle macchine irroratrici (sia di pieno campo che atomizzatori) prevede *controlli obbligatori e facoltativi*, con rilievi di tipo strumentale e con semplici accertamenti visivi.

In sintesi, i controlli obbligatori che necessitano di *specifica strumentazione* riguardano:

1. la verifica della **portata degli ugelli**; effettuata collegando gli stessi con appositi flussimetri, oppure utilizzando un cronometro ed una brocca graduata. È ammessa una portata che si discosti non più del 10% da quella nominale prevista dal costruttore dell'ugello per la pressione alla quale è stata effettuata la prova. Scostamenti superiori al 10% sono segno di usura eccessiva e comportano la necessità di effettuare la sostituzione di tutti gli ugelli.

Figura 46 - Verifica della portata degli ugelli tramite caraffe graduate.

2. **l'accertamento dell'uniformità del diagramma di distribuzione** che deve essere il più possibile orizzontale per le barre irroratrici, mentre deve avere un andamento simile alla forma di allevamento della coltura da trattare nel caso delle macchine impiegate su colture arboree. Si tratta di prove effettuate con appositi banchi prova per verificare che la distribuzione del prodotto avvenga in maniera congrua a massimizzare il deposito utile sulla vegetazione oggetto del trattamento, limitando il più possibile le perdite di prodotto fuori bersaglio che, specie nel caso degli atomizzatori, possono essere molto elevate.

Nel caso delle barre irroratrici l'accertamento del diagramma di distribuzione ha lo scopo principale di determinare l'altezza di lavoro ottimale, alla quale si inizia ad ottenere una buona uniformità di distribuzione.

Nel caso degli atomizzatori la regolazione del diagramma di distribuzione, effettuata agendo opportunamente su alcuni componenti della macchina irroratrice quali l'inclinazione degli ugelli, l'apertura e la chiusura degli stessi, la regolazione dei deflettori dell'aria, ecc., fa si che il getto prodotto dalla macchina interessi nella misura massima possibile il bersaglio del trattamento e ne ricalchi il profilo.

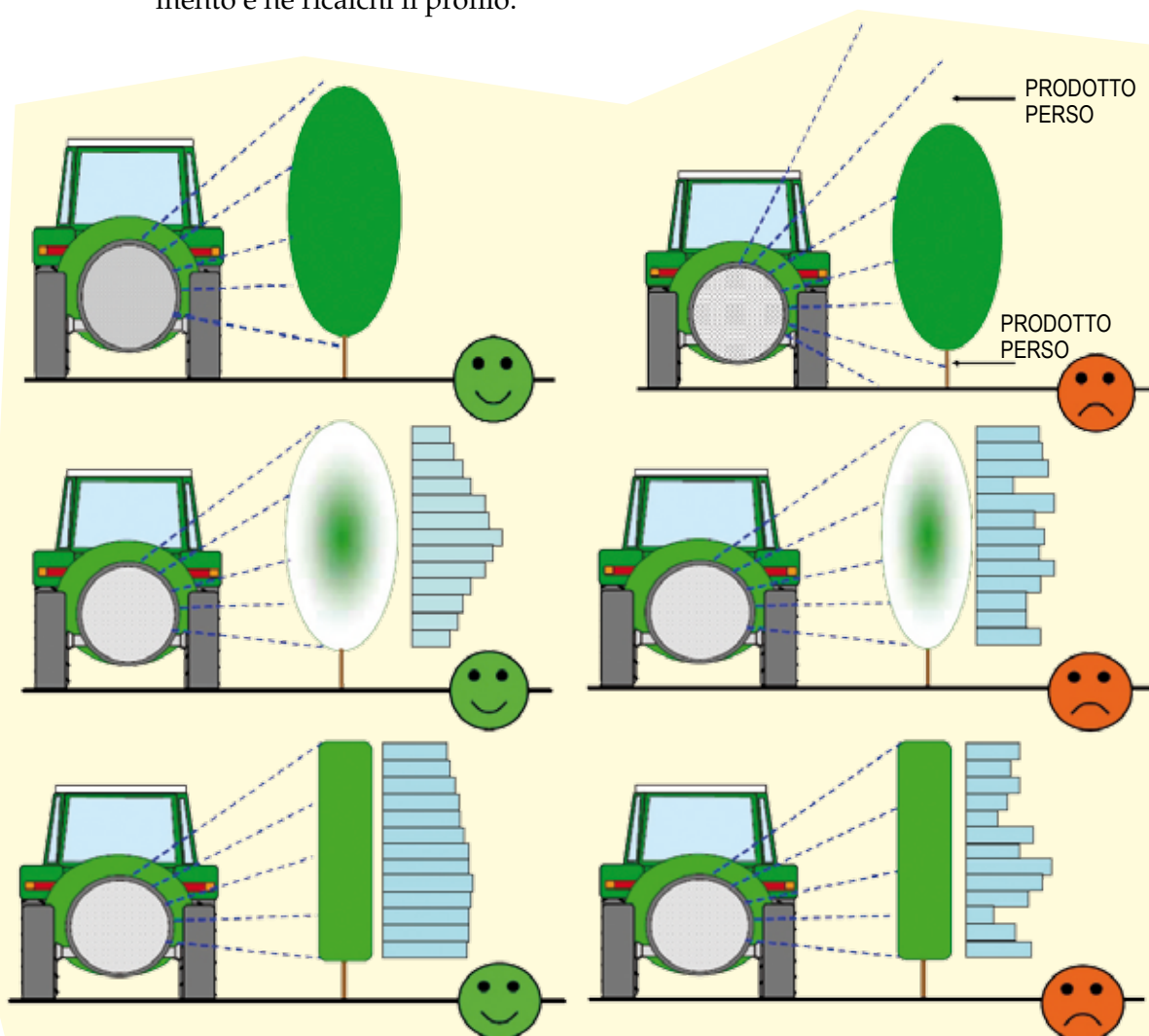



Figura 47 - Alcuni esempi di corretti ed incorretti diagrammi di distribuzione su colture arboree.

3. **il controllo della precisione del manometro**, posto solitamente in prossimità del gruppo di controllo della portata, viene effettuato smontando lo stesso e rimontandolo su un banco prova idraulico affiancato ad un altro di estrema precisione.

Figura 48 - Controllo della precisione del manometro tramite banco prova idraulico.

4. La misura di eventuali **perdite di carico** lungo il circuito idraulico si esegue effettuando misure comparative tra manometri appositamente posti in prossimità degli ugelli e quello principale.

Altre prove, quali ad esempio l'accertamento della velocità di avanzamento normalmente utilizzata dall'operatore nell'esecuzione dei trattamenti fitosanitari, la verifica del corretto assetto orizzontale della barra (solo nel caso delle barre irroratrici), la misura della tenuta e dell'effettivo tempo di gocciolamento dei dispositivi antigoccia, vengono eseguite con attrezzature d'uso comune come metri, bindelle e cronometri.

Durante l'effettuazione della verifica funzionale e taratura i tecnici controllano che l'entità del ricircolo nell'effettiva condizione di utilizzo della macchina irroratrice sia sufficiente a mantenere un buon livello di agitazione della miscela presente nel serbatoio principale, controllano anche la congruenza del sistema di filtrazione adottato in relazione ad ugelli e la presenza di dispositivi quali il serbatoio lavamani e la valvola (o rubinetto) atti a consentire la pulizia del filtro di aspirazione anche a serbatoio pieno.

Infine vengono effettuati anche semplici accertamenti, che richiedono solitamente solo un controllo visivo, relativi alla tenuta e al corretto posizionamento delle tubazioni, che non devono intercettare il getto erogato dagli ugelli.

Durante la fase di taratura della macchine irroratrici, una volta nota la velocità di avanzamento in campo e la quantità di miscela che si desidera distribuire per unità di superficie (litri per ogni ettaro) è possibile calcolare il calibro dell'ugello (colore) da montare sulla macchina irroratrici utilizzando la formula:

$$q = \frac{Q \cdot v \cdot L}{600 \cdot n}$$

dove **Q**, **v** ed **L** sono rispettivamente volume, velocità e larghezza di lavoro, mentre **n** è il numero di ugelli funzionanti. Si fa poi riferimento alle tabelle fornite dai costruttori (vedi anche quanto detto a pag. 23) per determinare il tipo di ugello e la relativa pressione di lavoro, tenendo conto delle considerazioni fatte sui criteri di scelta del tipo di polverizzazione (vedi anche quanto specificato nel capitolo successivo).

Al termine del collaudo viene rilasciata una scheda nella quale vengono indicati per ogni tipo di intervento il colore ed il tipo dell'ugello da utilizzare, la marcia, il regime di giri del motore, la velocità di avanzamento, il volume di distribuzione e la pressione di esercizio da mantenere ai fini di una corretta esecuzione degli interventi fitosanitari, di cui è riportato un esempio nella figura sottostante.

Centro di Taratura Accreditato

Decreto DGR 16.02.2001 n.7/3423 della Regione Lombardia

Scheda di taratura

(Allegato al verbale emesso in data :18/01/2011 - scheda numero : 000002-1)

Trattore		
	Marca:	SAME
	Modello:	Argon 70
Barra Irroratrice		
	Marca:	Florida
	Modello:	PtR600
Dati estratti		
Tipo ugello installato :	Ventaglio di colore rosso	
Velocita' media, km/h :	7,2	
Pressione di lavoro, bar:	3	
Volume distribuito, l/ha :	266,7	

marcia	MOTORE A giri/min	velocita' km/h	pressione bar	litri/ha
1 VELOCE	1750	7,2	3	267
1 MEDIA	1750	3,6	3	533
1 LENTA	1750	2,4	3	800

Figura 49 - Scheda di taratura rilasciata dopo la verifica funzionale della macchina irroratrice.

Oltre alla scheda di taratura e ad un verbale di verifica attestante ai fini legali l'effettuazione della verifica funzionale, allo scopo di rendere meglio visibile l'attività di controllo e di fornire un utile promemoria all'utilizzatore della macchina per la distribuzione di agrofarmaci, su di essa viene anche apposto un adesivo, comunemente denominato "bollino", riportante l'anno in cui la verifica è stata effettuata e la sigla del centro di taratura che ha effettuato il controllo stesso.

Si ricorda che ai fini dell'ottemperamento agli impegni previsti nell'ambito delle misure agroambientali del PSR in Lombardia il controllo ha una validità di 5 anni, mentre ha una durata normalmente inferiore per l'ottemperamento ai dettami della maggior parte dei disciplinari di produzione integrata pubblici e privati o di certificazioni di qualità del settore ortofrutticolo (GLOBALGAP), dove, in alcuni casi, è richiesta l'effettuazione di una verifica funzionale e taratura ogni anno.

Figura 50 - L'adesivo applicato sulle macchine irroratrici al termine di una verifica funzionale e taratura con esito positivo.

	Componente	*Parametro*	*Controllo*	*Limite accettabilità*
.1	Ugelli	uniformità della portata	Strumentale	± 10% rispetto al valore medio
.2	Diagramma di distribuzione	uniformità	Visivo	Valutazione visiva
.3	Manometro	intervallo di lettura	Visivo	Max 1 bar fino a 15 bar
.4	Manometro	diametro	Strumentale	Min. 63 mm
.5	Manometro	precisione	Strumentale	Scarto max 5% rispetto al campione
.5bis	Manometro	posizione	Visivo	Se non visibile dal posto di guida, deve essere posizionato correttamente in occasione del secondo intervento di controllo
.6	Regolatore a pressione costante (PC)	pressione	Strumentale	Variazione max 10% con chiusura di 1 o più sezioni
.7	Assetto orizzontale della barra	distanza verticale fra centro e estremi	Strumentale	max 10 mm per ogni metro di barra
.8	Antigoccia	tempo di gocciolamento dopo interruzione dell'alimentazione	Visivo	max 10 s
.8bis	Se assente, l'antigoccia deve essere presente sulla macchina irroratrice in occasione del secondo intervento di controllo diagnostico			
.9	Sistema di filtrazione	idoneità	Visivo	Filtri con dimensione delle maglie a cascata, in buone condizioni e adeguate alla dimensione degli ugelli presenti sulla macchina
.9bis	Deve essere presente al secondo controllo una valvola per il controllo del filtro a serbatoio pieno			
.10	Tubazioni	tenuta	Visivo	Le tubazioni e i loro raccordi devono essere a tenuta e non devono essere investite dal getto del liquido
.11	Regolatore con dose proporzionale al regime di rotazione del motore (DPM)	funzionalità	Strumentale	Gli scarti fra i volumi distribuiti (l/ha) devono essere inferiori al 10%
.12	Regolatore con dose proporzionale all'avanzamento (DPA): indicatore velocità e flussimetro	funzionalità	Strumentale	Gli scarti fra i valori indicati e quelli rilevati devono essere inferiori al 10%
.13	Circuito idraulico	perdita di carico	Strumentale	Nessun vincolo. Riportare nei verbali di prova i valori riscontrati

Tabella 4 - Verifiche obbligatorie sulle irroratrici per colture erbacee (barre irroratrici) e limiti di accettabilità.

	Componente	*Parametro*	*Controllo*	*Limite accettabilità*
.1	Ugelli	portata: differenza max fra lato dx e sx	Strumentale	La portata media di ciascun lato può variare al max del ± 5%
.2	Diagramma di distribuzione	uniformità	Visivo	Valutazione visiva
.3	Manometro	intervallo di lettura	Visivo	Max 2 bar fino a 20 bar
.4	Manometro	diametro	Strumentale	Min. 63 mm
.5	Manometro	precisione	Strumentale	Scarto max 5% rispetto al campione
.5bis	Manometro	posizione	Visivo	Se non visibile dal posto di guida, deve essere posizionato correttamente in occasione del secondo intervento di controllo
.6	Regolatore a pressione costante (PC)	pressione	Strumentale	Variazione max 10% con chiusura di 1 sezione
.7	Antigoccia	tempo di gocciolamento dopo interruzione dell'alimentazione	Visivo	max 10 s
.7bis	Se assente, l'antigoccia deve essere presente sulla macchina irroratrice in occasione del secondo intervento di controllo diagnostico			
.8	Sistema di filtrazione	idoneità	Visivo	Filtri con dimensione delle maglie a cascata, in buone condizioni e adeguate alla dimensione degli ugelli presenti sulla macchina
.8bis	Deve essere presente al secondo controllo una valvola per il controllo del filtro a serbatoio pieno			
.9	Tubazioni	tenuta	Visivo	Le tubazioni e i loro raccordi devono essere a tenuta e non devono essere investite dal getto del liquido
.10	Regolatore con dose proporzionale al regime di rotazione del motore (DPM)	funzionalità	Strumentale	Gli scarti fra i volumi distribuiti (l/ha) devono essere inferiori al 10%
.11	Regolatore con dose proporzionale all'avanzamento (DPA): indicatore velocità e flussimetro	funzionalità	Strumentale	Gli scarti fra i valori indicati e quelli rilevati devono essere inferiori al 10%
.12	Circuito idraulico	perdita di carico	Strumentale	Nessun vincolo. Riportare nei verbali di prova i valori riscontrati

Tabella 5 - Verifiche obbligatorie sulle irroratrici per colture arboree e limiti di accettabilità.

7. La scelta in azienda dei parametri di distribuzione

La scelta dei parametri di distribuzione, cioè la taratura della macchina, è fondamentale per poter ottenere una distribuzione efficace ed efficiente degli agrofarmaci.

Alcuni parametri dovrebbero essere decisi dall'agricoltore all'atto dell'acquisto della macchina:

- larghezza di lavoro della macchina irroratrice (è definita dalle dimensioni della barra per le coltivazioni erbacee e dall'interfila per quelle arboree);
- il tipo di sistema di distribuzione (DPA, DPM, ecc.),
- dimensione del serbatoio e quindi il volume (inteso come quantità massima e minima di miscela di acqua e agrofarmaco che si intende distribuire per ogni ha di superficie).
- tipologia e soprattutto portata della pompa in l/min.
- Questi parametri sono molto soggettivi e dipendono dalle caratteristiche tipiche dell'azienda in cui la macchine deve operare (es. dimensione degli appezzamenti o forma di allevamento della coltura arborea) e dalle esigenze dell'imprenditore.
- Altri parametri invece vengono decisi direttamente in azienda a seconda delle esigenze colturali (es. trattamenti in pre o post emergenza), del tipo di agrofarmaco, dal tipo di trattrice che si intende utilizzare, dal tempo che si intende impiegare per effettuare il trattamento, ecc.:
- il volume (inteso come quantità esatta di miscela di acqua e agrofarmaco che si intende distribuire per ogni ha di superficie),
- il grado di polverizzazione (dimensione delle goccioline);
- velocità di avanzamento del cantiere trattore-irroratrice (marcia e numero di giri del motore e della p.d.p);
- pressione di lavoro;
- tipologia e materiale dell'ugello da utilizzare (colore, angolo di spruzzo, ecc.);

Questi parametri pur essendo anch'essi soggettivi devono sottostare a delle regole generali, diverse per le colture arboree ed erbacee, che permettano alla macchina di lavorare nel modo migliore e più efficiente per la coltura e per l'ambiente.

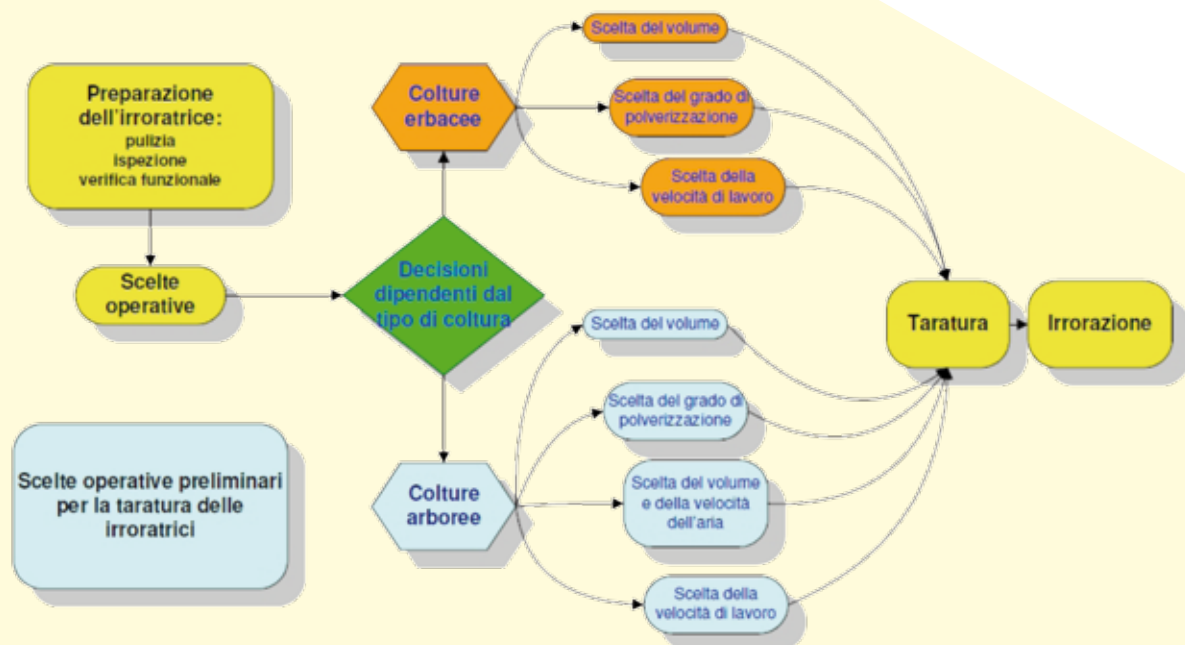



Figura 51 - Schema relativo alla scelta dei parametri distributivi.

7.1 Colture erbacee

Per quanto riguarda il volume oggi la tendenza va verso una netta diminuzione per trattamenti diserbati si può ritenere adeguato un volume di 100-200 l/ha, mentre volumi di 300-400 l/ha sono oggi ritenuti idonei per coprire efficacemente la vegetazione nei trattamenti fungicidi e insetticidi su colture sviluppate.

Per quanto riguarda la polverizzazione se si tratta di irrorazione su terreno nudo conviene scegliere ugelli che a basse pressioni (1,5-2,5 bar) producono gocce piuttosto grandi (400-500 micron) e meno soggette a deriva, mentre per trattamenti di copertura su colture sviluppate conviene mantenere pressioni di circa 3,5-4 bar utilizzando ugelli con un grado di polverizzazione più spinto gocce più piccole (di 200-300 micron).

press. bar	ugello a ventaglio		
	11002	11003	11004
1.5	0.56 MEDIE	0.85 MEDIE	1.13 MEDIE
2.0	0.65 MEDIE	0.98 MEDIE	1.31 MEDIE
2.5	0.73 FINI	1.10 MEDIE	1.46 MEDIE
3.0	0.80 FINI	1.20 FINI	1.60 MEDIE
3.5	0.86 FINI	1.30 FINI	1.73 MEDIE
4.0	0.92 FINI	1.39 FINI	1.85 MEDIE

Tabella 6 - Portata e grado di polverizzazione di alcuni ugelli a ventaglio.

Per quanto riguarda invece la velocità, questa non va vista solo come un fattore direttamente proporzionale alla produttività della macchina, infatti è consigliabile non superare mai i 7 km/h, onde evitare la formazione di cospicui fenomeni di turbolenza oppure elevate oscillazioni della barra irroratrice che possono inficiare negativamente l'uniformità di distribuzione.

Per la scelta dei parametri, dopo aver deciso la tipologia ed il materiale, di ugello che si intende utilizzare si può comodamente ed efficacemente fare riferimento alle tabelle fornite dai costruttori degli ugelli.

Figura 53 - Portata, e volumi distribuiti in funzione della velocità di avanzamento per ugelli a ventaglio con angolo di apertura dello spruzzo di 110° distanziati 50 cm e montati su barre irroratrici.

		bar	lt/1'	lt/ha						
				5 Km/h	6 Km/h	7 Km/h	8 Km/h	9 Km/h	10 Km/h	12 Km/h
codice code - código 1103.015	015	2	0,49	118	98	84	73	65	59	49
		3	0,60	144	120	103	90	80	72	60
		4	0,69	166	139	119	104	92	83	69
		6	0,85	204	170	145	127	113	102	85
		8	0,98	235	196	168	147	131	118	98
codice code - código 1103.02	02	2	0,65	157	131	112	98	87	78	65
		3	0,80	192	160	137	120	107	96	80
		4	0,92	222	185	158	139	123	111	92
		6	1,13	272	226	194	170	151	136	113
		8	1,31	314	261	224	196	174	157	131
codice code - código 1103.025	025	2	0,82	196	163	140	122	109	98	82
		3	1,00	240	200	171	150	133	120	100
		4	1,15	277	231	198	173	154	139	115
		6	1,41	339	283	242	212	189	170	141
		8	1,63	392	327	280	245	218	196	163
codice code - código 1103.03	03	2	0,98	235	196	168	147	131	118	98
		3	1,20	288	240	206	180	160	144	120
		4	1,39	333	277	238	208	185	166	139
		6	1,70	407	339	291	255	226	204	170
		8	1,96	470	392	336	294	261	235	196
codice code - código 1103.04	04	2	1,31	314	261	224	196	174	157	131
		3	1,60	384	320	274	240	213	192	160
		4	1,85	443	370	317	277	246	222	185
		6	2,26	543	453	388	339	302	272	226
		8	2,61	627	523	448	392	348	314	261
codice code - código 1103.05	05	2	1,63	392	327	280	245	218	196	163
		3	2,00	480	400	343	300	267	240	200
		4	2,31	554	462	396	346	308	277	231
		6	2,83	679	566	485	424	377	339	283
		8	3,27	784	653	560	490	435	392	327
codice code - código 1103.06	06	2	1,96	470	392	336	294	261	235	196
		3	2,40	576	480	411	360	320	288	240
		4	2,77	665	554	475	416	370	333	277
		6	3,39	815	679	582	509	453	407	339
		8	3,92	941	784	672	588	523	470	392
codice code - código 1103.08	08	2	2,61	627	523	448	392	348	314	261
		3	3,20	768	640	549	480	427	384	320
		4	3,70	887	739	633	554	493	443	370
		6	4,53	1.086	905	776	679	603	543	453
		8	5,23	1.254	1.045	896	784	697	627	523

Come si può evincere dalla **figura 39** (schema funzionamento polverizzazione pneumatica) dopo aver scelto la velocità di lavoro (sempre inferiore a 7 km/h), e di conseguenza la marcia ed il numero di giri del motore e della p.d.p (tenendo anche in considerazione il sistema di agitazione e la dimensione del serbatoio), si passa a decidere il volume da utilizzare e quindi il colore dell'ugello e la pressione di lavoro.

Normalmente si è in grado di raggiungere lo stesso volume con due colori di ugelli diversi variando la pressione e quindi la dimensione della goccia.

7.2 Colture arboree

In questo caso la corretta scelta dei parametri distributivi è certamente più complessa. il volume da distribuire deve essere determinato in base tipo di trattamento (problema che l'agrofarmaco deve risolvere), in base allo sviluppo fogliare della coltura, a sua volta determinato da una quantità di fattori quali la specie, la varietà e l'età della coltura, il sesto d'impianto, la forma di allevamento, lo stadio fenologico oltre a parametri ambientali quali l'andamento meteoclimatico. Il volume è poi strettamente legato al tipo di sistema di polverizzazione in relazione alle caratteristiche dell'agrofaramco, (concentrazione ottimale, meccanismo d'azione ecc.), tenendo conto della caratteristica tendenza delle gocce molto fini ad evaporare e ad essere trasportate fuori bersaglio dalle correnti d'aria (fenomeno di deriva). Pertanto, anche se in teoria utilizzando gocce molto fini sarebbe possibile ottenere buone coperture anche con volumi molto bassi, ovvero inferiori ai 100 l/ha, conviene in linea di massima adottare un grado di polverizzazione medio, verificando con la classica "prova in bianco" che si riesca ad ottenere una copertura sufficiente, che la quantità di aria prodotta non sia eccessiva e che non si distribuisca parte del prodotto al di fuori del bersaglio (direttamente a terra o verso il cielo). Chiaramente non si otterrà una "taratura" della macchina paragonabile a quella effettuabile da un tecnico specializzato e dotato di attrezzature specifiche, ma sarà possibile comunque ottenere risultati apprezzabili.

Per l'effettuazione della "prova in bianco" è sufficiente riempire il serbatoio principale dell'atomizzatore con un quantitativo noto di acqua pulita e simulare un trattamento. Una volta terminata l'acqua introdotta è possibile verificare la superficie "trattata" ed impostando una semplice proporzione risalire al volume necessario per ogni ettaro da trattare.

Per la scelta degli altri parametri si può fare riferimento a quanto specificato per le colture erbacee.

In generale per un ottimale distribuzione di agro farmaci si ricorda di:

- **Mantenere costante la velocità di avanzamento**, per distribuire il più regolarmente possibile la miscela nei diversi punti della superficie o della coltura trattata; questa raccomandazione vale qualora l'attrezzatura non disponga di "regolatori della portata".
- **Controllare frequentemente il buon funzionamento degli ugelli**, in caso di ostruzione, sostituirli con quelli di riserva; qualora ciò non fosse possibile pulirli utilizzando una fonte di aria compressa e/o uno spazzolino con setole morbide. Evitare assolutamente di portarli a contatto della bocca per "soffiarli" per evitare contaminazioni e di pulirli utilizzando oggetti accuminati perchè ciò li deteriorerebbe irrimediabilmente.
- **Controllare che la barra rimanga parallela al terreno e che l'atomizzatori non oscilli**, per evitare disuniformità nella distribuzione e maggiore sensibilità all'effetto deriva.
- **Evitare raddoppi e zone non trattate** in quanto, nel primo caso, si potrebbero causare danni, nel secondo caso si avrebbero delle zone non trattate, se si utilizzano barre irroratrici molto utile per evitare raddoppi è l'adozione del sistema tracciafile o schiumogeno.
- **Mantenere in funzione l'agitatore anche durante la distribuzione** della miscela, per evitare di distribuire miscele con concentrazioni di formulato differenti all'inizio e alla fine del trattamento.
- **Non irrorare durante le svolte** al termine dell'appezzamento per evitare sovrapposizioni, sprechi di prodotto e contaminazioni ambientali.

Glossario

Agitatore: dispositivo che assicura la miscelazione del prodotto nel serbatoio.

Agrofarmaci: sinonimo di fitosanitario, antiparassitario, prodotto fitoiatrico, pesticida prodotti chimici impiegati per la difesa delle colture da malattie e parassiti o per combattere le erbe infestanti; agiscono all'esterno dei tessuti, oppure prodotti che vengono assorbiti e agiscono all'interno della pianta.

Alesaggio: è la misura del diametro interno del cilindro o più in generale di un foro meccanico o elemento circolare. Unitamente alla misura della corsa è il dato con cui, utilizzando la normale formula matematica del cilindro si ottiene la cilindrata unitaria in un motore, comunemente espressa in centimetri cubi.

Angolo di distribuzione: angolo formato dai due bordi esterni del getto dell'ugello.

Antigoccia: meccanismo che ha la funzione di evitare la fuoriuscita del liquido dagli ugelli quando viene fermata l'erogazione della macchina irroratrice.

Atomizzatore (o irroratrice ad aeroconvezione): macchina irroratrice per colture arboree, solitamente a polverizzazione meccanica, con trasporto delle gocce sulla vegetazione mediante corrente d'aria.

Barra irroratrice: macchina irroratrice comunemente utilizzata su colture erbacee, quasi sempre a polverizzazione meccanica, in rari casi può utilizzare un sistema di ausilio al trasporto delle gocce mediante lamina d'aria.

Citotropico: riferito ad un agrofarmaco indica che questo è in grado di penetrare nei tessuti vegetali, rimanendo attivo nei tessuti adiacenti al punto di applicazione. Invece i **citotropici translaminari** riescono a spostarsi soltanto dalla pagina superiore a quella inferiore della foglia.

Codici identificativi degli ugelli: sigle alfanumeriche che descrivono le caratteristiche dell'ugello; vi sono recenti norme di codifica internazionali (ISO) basate su sigle e colori:

Compensatore idropneumatico: dispositivo dotato di una camera d'aria compressa che pefrmette di annullare le pulsazioni della pompa nel circuito di distribuzione.

Corsa: è la distanza che intercorre tra il punto morto inferiore ed il punto morto superiore all'interno di un cilindro.

Dose: quantità di prodotto commerciale o di sostanza attiva distribuita per unità di superficie (di solito espressa in g/ha, talora impropriamente in g/hl). Da non confondere con il volume.

Energia cinetica: è il lavoro che si deve compiere su un corpo di massa m, inizialmente fermo, per portarlo ad una certa velocità assegnata.

Fitosanitari: vedi agrofarmaci

Irroratrice: macchina che distribuisce fitofarmaci in forma liquida sotto forma di goccioline.

Irroratrice a getto proiettato: macchina nella quale trasporto delle gocce sul bersaglio è affidato solo all'energia cinetica (e alla forza di gravità nel caso il trattamento sia diretto al di sotto della macchina, come nel caso delle colture erbacee).

Irroratrice a getto portato: macchina nella quale il trasporto delle goccioline prodotte dalla stessa verso il bersaglio è assistito dalla presenza di una corrente d'aria prodotta da un ventilatore.

Irroratrice (a polverizzazione) centrifuga: vedi polverizzazione.

Irroratrice (a polverizzazione) pneumatica: vedi polverizzazione.

Micrometro: (simbolo: μm) è un'unità di misura della lunghezza corrispondente a un milionesimo di metro (cioè millesimo di millimetro). In passato era usata la dizione **micron**, il cui uso è oggi vivamente sconsigliato nel SI

Nebulizzatore: sinonimo improprio ma comunemente utilizzato di irroratrice a polverizzazione pneumatica, riprende il fatto che tali macchine emettano una sorta di "nebbia" date le goccioline di piccolo diametro emesse.

Polverizzazione: processo di formazione delle gocce per frantumazione di un velo continuo di liquido.

Polverizzazione meccanica: avviene come diretta conseguenza della pressione e della velocità d'uscita del liquido in corrispondenza dell'ugello.

Polverizzazione pneumatica: avviene grazie a una corrente d'aria ad alta velocità che investe una vena liquida in uscita da un eiettore collocato normalmente al centro di una strozzatura (tubo di Venturi).

Polverizzazione centrifuga: le gocce si formano per effetto della forza centrifuga in un polverizzatore apposito detto impropriamente "ugello rotativo"

Polverizzazione mista: tipologia che comprende i processi in cui alla formazione delle gocce concorrono sia la pressione idraulica sia la velocità dell'aria.

Le dimensioni medie delle gocce prodotte definiscono la qualità dello spruzzo: si parla di polverizzazione (o di spruzzo) molto fine, fine, media, grossa, molto grossa.

Portata di un ugello: quantità di acqua che passa attraverso l'ugello a una determinata pressione, espressa in litri al minuto (l/min); si può ricavare dalle tabelle fornite dai costruttori di ugelli alle diverse pressioni o misurarla direttamene raccogliendo il getto erogato in un bicchiere graduato cronometrando il tempo e conoscendo la pressione.

Portata di un ventilatore: quantità di aria prodotta dal ventilatore espressa in metri cubi/ora (m3/h) o metri cubi/secondo (m3/s); la conoscenza di questo dato permette una migliore taratura dell'irroratrice nei frutteti.

Pre-emergenza: riferito allo stadio fenologico della pianta coltivata è il periodo compreso tra la semina e il momento in cui le prime foglioline escono dal terreno.

Post-emergenza: riferito allo stadio fenologico della pianta coltivata è il periodo successivo a quello di pre-emergenza

Pressione: parametro di lavoro delle irroratrici a polverizzazione meccanica, indicativo dell'intensità della spinta impressa alle gocce: più alta è la pressione, più fini sono le gocce prodotte; a parità di dimensioni dell'ugello, per raddoppiare la portata occorre aumentare di quattro volte la pressione.

Sistemico: indica in un agrofarmaco che i suoi principi attivi possono venir assorbiti da foglie e/o radici ed essere traslocati nel resto degli organi della pianta.

Taratura: regolazione dell'irroratrice in modo da distribuire uniformemente sulla coltura il volume desiderato.

Ugello: componente dell'irroratrice che svolge l'azione di polverizzare la miscela del fitofarmaco distribuita, immettendo nell'aria il liquido sotto forma di minutissime gocce. **Ugello antideriva**: particolare tipo di ugello costruito in modo da produrre un numero ridotto di gocce mediamente di calibro maggiore rispetto a quelle prodotte da un ugello tradizionale avente la medesima portata alla medesima pressione

Ventilatore: componente delle irroratrici a getto portato che produce una corrente d'aria per trasportare le gocce sulla vegetazione e migliorare la penetrazione delle gocce nelle foglie. Negli atomizzatori è di tipo assiale, ossia aspira ed espelle l'aria lungo l'asse di rotazione, produce un grande volume d'aria con una velocità di uscita piuttosto bassa, mentre nelle irroratrici pneumatiche è di tipo centrifugo (detto anche radiale), e genera un getto d'aria con minore volume ma con velocità molto più alta.

Volume: quantità di miscela acqua + fitofarmaco distribuita sulla coltura, espressa in litri per ettaro (l/ha); può essere alto (oltre 500 l/ha per le colture erbacee, oltre 1.000 l/ha per le arboree); medio (150-300 l/ha e 300-1000 l/ha rispettivamente per le colture erbacee e arboree) e basso (meno di 150 l/ha per le colture erbacee e meno di 300 l/ha per le arboree). Da non confondersi con la dose.

Bibliografia

- Rischi e infortuni derivanti dall'uso di macchine in Agricoltura - FEBO P., E. GASPARETTO., D. PESSINA. - Cooperazione in Agricoltura, 4 (1985)
- Macchine per la Difesa delle Colture - D. VANNUCCI - ed. I.S.M.A. - M.I.P.A., 1999
- Applicazione del programma interregionale "agricoltura e qualità" (verifica funziona-le delle irroratrici) nelle province di Milano e Bergamo: risultati e commenti; pp.: 10; Atti "VII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria", Vieste (FG), D. PESSINA, M. GUERRETTI, D. FACCHINETTI 11-14 Settembre 2001
- Test of a "dual" field sprayer with distribution valves driven mechanically and by computer. AgEng Paper No. 02-PM-013 PESSINA D., GUERRETTI M., FACCHINETTI D., 2002.
- Schede ENAMA per il progetto FORMAAGRI ad opera del Dott. GIULIO FANCELLO per conto di ENAMA. Ottobre 2007
- Attività di controllo funzionale e regolazione delle macchine irroratrici in uso in Italia - AA. VV. - Edito da ENAMA - Gennaio 2010
- Schede relative alla taratura delle macchine irroratrici a cura del dott. CRISTIANO BALDOIN pubblicate dall'ARPA della regione Veneto
- Dispense per il corso di meccanica agraria - a cura del prof. DOMENICO PESSINA e del dott. DAVIDE FACCHINETTI - 2005
- www.wikipedia.it
- La sicurezza nell'impiego di prodotti fitoiatrici con irroratrici portate dell'operatore - Atti Convegno AIIA La sicurezza delle macchine agricole e degli impianti agro-industriali. P. BALSARI, G. OGGERO - pag. 57-63 - 2002
- Struttura della chioma e distribuzione dei fitofarmaci - L'informatore agrario - N. Suppl. al n. 14 pag. 39-46 - P. BALSARI - 2001

Riferimenti

L'elenco dei centri per la taratura per la Regione Lombardia è disponibile al seguente link:
http://www.regione.lombardia.it/shared/ccurl/597/844/AL_20090412_4050_centri_accreditati_2008_def_AGR_MS.pdf

Autori:

Dott. Agronomo Matteo Guerretti - libero professionista
V.le M. Buonarroti, 30 24047, Treviglio (BG)
Tel e Fax 0363 40372 cell. 3477991548
e-mail: guerretti@lagunacons.com

Dott. Agronomo Davide Facchinetti
Ricercatore presso il D.I.A.
Dipartimento di Ingegneria Agraria dell'Università degli Studi di Milano
Via Celoria, 2 - 20133 - Milano (Italy)

Indice